

TUGAS AKHIR - RG 141536

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT MULTITEMPORAL
(Studi Kasus: Teluk Lamong)**

NURUL CHAYAH AMALINA
NRP 0331 1440000 013

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RG 141536

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT MULTITEMPORAL
(Studi Kasus: Teluk Lamong)**

Nurul Chayah Amalina
NRP 03311440000013

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 141536

ANALYSIS OF TOTAL SUSPENDED CONCENTRATION CHANGES USING MULTITEMPORAL LANDSAT IMAGERY STUDY CASE : TELUK LAMONG

Nurul Chayah Amalina
NRP 03311440000013

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental And Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL
SUSPENDED SOLID* (TSS) MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT MULTITEMPORAL (STUDI KASUS: TELUK
LAMONG)**

Nama Mahasiswa : Nurul Chayah Amalina
NRP : 03311440000013
Departemen : Teknik Geomatika FTLSK – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo,
DEA.,DESS

ABSTRAK

Reklamasi di Teluk Lamong dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya sedimentasi yang bisa berdampak pada pendangkalan alur pelayaran di Selat Madura. Kekhawatiran terhadap masalah sedimentasi ini juga disebabkan karena ada beberapa sungai yang bermuara langsung di Teluk Lamong yang tentu saja merupakan suplai sedimen ke Teluk Lamong. Sungai – sungai ini membawa material sedimentasi atau sedimen tersuspensi seperti lumpur pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena terjadinya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa oleh aliran air sungai yang bermuara di Teluk Lamong. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik yang dapat memperkirakan wilayah yang terdapat kecenderungan terjadinya sedimentasi, salah satunya dapat menggunakan analisa pola sebaran sedimen tersuspensi/TSS di Teluk Lamong.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah kombinasi antara metode pengamatan langsung (pengambilan data *in situ*), informasi dari data sekunder dan metode penginderaan jauh (menggunakan data dari citra satelit Landsat – 7 dan Landsat – 8). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisa perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*)

di Teluk Lamong dari tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018 berdasarkan hasil pengukuran, menguji beberapa algoritma untuk menduga TSS di Teluk Lamong untuk mendapatkan algoritma TSS yang sesuai yang nantinya diharapkan untuk dapat menduga pola sebaran TSS pada periode waktu yang telah disebutkan serta menganalisa hasilnya dengan kondisi perairan (arus, pasut dan batimetri).

Hasil dari pengolahan data dari citra satelit pada tahun 2018 dengan Algoritma Parwati, Algoritma Syarif Budiman, dan Algoritma Guzman & Santaella berbeda rentangnya dengan nilai TSS *in – situ*. Namun , Algoritma Syarif Budiman menunjukkan korelasi yang paling baik terhadap nilai TSS *in – situ*. Nilai TSS yang diperoleh dari citra satelit tiap tahunnya bersifat fluktuatif. Perbedaan nilai TSS yang dipengaruhi oleh parameter oseanografi berupa arus dan pasang surut serta variasi kedalaman laut (batimetri)

Kata Kunci—TSS, Teluk Lamong, Arus, Pasut, Batimetri.

**ANALYSIS OF TOTAL SUSPENDED CONCENTRATION
CHANGES USING MULTITEMPORAL LANDSAT
IMAGERY**

STUDY CASE : TELUK LAMONG

Name : Nurul Chayah Amalina
NRP : 03311440000013
Departement : Teknik Geomatika FTLSK – ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo,
DEA.,DESS

ABSTRACT

Reclamation in Teluk Lamong is considered will cause a sedimentation that can impact the silting of the cruise line in Selat Madura. The concerns about this problem are also induced by the fact that there are several rivers that directly flow to Teluk Lamong which certainly is the supply of sediment to Teluk Lamong. These rivers carry sedimentation material or suspended sediments such as grits and microorganisms as the result of soil erosion carried by river water flowing into Teluk Lamong. Therefore, a technique is required to predict the area of sedimentation trends, specifically by using the suspension sediment/TSS distribution pattern analysis in Teluk Lamong.

In this research, the method used was a combination of direct observation method (in situ data retrieval), information from secondary data and remote sensing method (using data from Landsat-7 and Landsat-8 satellite imagery). The objective was to analyze the change of concentration of TSS (Total Suspended Solid) in Teluk Lamong from 2002 to 2003 and 2014 until 2018 based on measurement result, to test some algorithm for estimating TSS in Teluk Lamong and obtaining TSS algorithm that was expected for predicting the pattern of TSS distribution in the mentioned time period and to analyze the results with oceanographic conditions (current, tide and bathymetry)

The results of data processing from satellite imagery in 2018 with the Parwati's Algorithm, Syarif Budiman's Algorithm, and Guzman & Santaella's Algorithm were indicated different ranges with in-situ TSS values. However, Syarif Budiman's algorithm showed the greatest correlation towards in situ TSS value. TSS values obtained from satellite imagery each year are fluctuating. Differences in TSS values are influenced by oceanographic parameters in the form of currents and tides and variations in ocean depth (bathymetry).

Keywords – TSS, Teluk Lamong, Current, Tide, Bathymetry

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI *TOTAL
SUSPENDED SOLID (TSS)* MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT MULTITEMPORAL (STUDI KASUS: TELUK
LAMONG)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NURUL CHAYAH AMALINA
NRP. 03311440000013

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Prof.Dr.Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA, DESS (.....)
NIP.1953 0527 1983 03 1001

SURABAYA, 10 JULI 2022



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Perubahan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Landsat Multitemporal (Studi Kasus: Teluk Lamong)**” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. ALLAH SWT yang memberikan kesehatan serta kesempatan untuk membuat laporan ini
2. Orang tua beserta seluruh keluarga penulis yang selama pelaksanaan kerja praktek sampai pembuatan laporan ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
3. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST, MSc, Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA.,DESS, selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
5. Ibu Cherie Bhekti Pribadi, S.T.,M.,T, selaku dosen konsultasi atas segala bimbingan dan sarannya
6. Teman-teman G16 yang telah menemani selama perkuliahan di departemen Teknik Geomatika ini
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir yang tidak dapat kami sebut satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan kepada penulis, semoga laporan kerja praktek ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 01 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sedimentasi	5
2.2 Pasang Surut.....	6
2.3 Arus.....	7
2.4 Batimetri.....	7
2.5 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	7
2.6 Penginderaan Jauh	10
2.7 Citra Satelit Landsat	11
2.8 Koreksi Geometrik	16
2.8.1 <i>RMS Error</i>	18
2.8.2 Kekuatan Jaring/ <i>Strength</i> of	
<i>Figure (SoF)</i>	19
2.9 Koreksi Radiometrik	19
2.9.1 Kalibrasi Radiometrik.....	20
2.9.2 Koreksi Atmosfer	23
2.10 Uji Korelasi	24
2.11 Penelitian Terdahulu.....	26

BAB III METODOLOGI	31
3.1 Lokasi Penelitian	31
3.2 Data dan Peralatan	32
3.2.1 Data	32
3.2.2 Peralatan	33
3.3 Metodologi Penelitian.....	34
3.3.1 Tahap Pelaksanaan	34
3.3.2 Tahap Pengolahan.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Data	45
4.1.1 Citra Satelit.....	45
4.1.2 Data <i>In Situ</i>	46
4.2 Pemotongan Citra	49
4.3 Koreksi Geometrik	52
4.4 Koreksi Radiometrik.....	55
4.4.1 Kalibrasi Radiometrik.....	55
4.4.2 Koreksi Atmosfer.....	57
4.5 Pemisahan Daratan dan Lautan (<i>Masking</i>)	60
4.6 Ekstraksi Nilai TSS dari Data Citra Satelit dan Data In Situ.....	62
4.7 Uji Validasi Ekstraksi Nilai TSS dari Data In Situ dan Data Citra Satelit	64
4.8 Hasil Pengolahan Citra Satelit Landsat Multitemporal.....	68
4.9 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Pasut, Arus Pasut dan Batimetri.....	74
4.9.1 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Pasang Surut	74
4.9.2 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Arus	80
4.9.3 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Batimetri	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan.....	85

5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	93

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	31
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian	35
Gambar 3.3	Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data.....	40
Gambar 4.1	Lokasi Stasiun Pengambilan Sampel	47
Gambar 4.2	<i>Overlay</i> ROI Pada Citra Satelit	50
Gambar 4.3	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2002	50
Gambar 4.4	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2003	50
Gambar 4.5	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2014	51
Gambar 4.6	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2015	51
Gambar 4.7	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2016	51
Gambar 4.8	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2017	51
Gambar 4.9	Hasil <i>Cropping</i> Pada Citra Tahun 2018	52
Gambar 4.10	Jaring SoF.....	52
Gambar 4.11	Statistik Kanal Merah Dalam Format DN	56
Gambar 4.12	Statistik Kanal Merah Dalam Format Radian	57
Gambar 4.13	Statistik Kanal Setelah Koreksi Atmosfer.....	60
Gambar 4.14	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2002.....	60
Gambar 4.15	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2003	60
Gambar 4.16	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2014.....	61
Gambar 4.17	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2015	61
Gambar 4.18	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2016	61
Gambar 4.19	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2017	61
Gambar 4.20	Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2018	62
Gambar 4.21	Korelasi TSS <i>In Situ</i> dan TSS Alg. Parwati	65
Gambar 4.22	Korelasi TSS <i>In Situ</i> dan TSS Alg. Budiman.....	66
Gambar 4.23	Korelasi TSS <i>In Situ</i> dan TSS Alg. Guzman.....	67
Gambar 4.24	Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2002	68
Gambar 4.25	Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2003	69
Gambar 4.26	Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2014	69
Gambar 4.27	Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2015	70

Gambar 4.28 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2016	70
Gambar 4.29 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2017	71
Gambar 4.30 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2018	71
Gambar 4.31 Grafik Perubahan Nilai TSS dari Citra Satelit	73
Gambar 4.32 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2003	75
Gambar 4.33 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2014	75
Gambar 4.34 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2015	76
Gambar 4.35 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2016	77
Gambar 4.36 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2017	78
Gambar 4.37 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2018	78
Gambar 4.38 Lokasi Muara Kali Lamong dan Kali Sememi	80
Gambar 4.39 Pola Arus Teluk Lamong Saat Surut	81
Gambar 4.40 Pola Arus Teluk Lamong Saat Pasang	82
Gambar 4.41 Kedalaman Di Perairan Teluk Lamong	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian Kelas TSS Menurut Permen LH.....	8
Tabel 2.2 Karakteristik Sensor Landsat TM, ETM.....	12
Tabel 2.3 Detail Proses Produk LDCM Level 1	14
Tabel 2.4 Landsat 8	15
Tabel 2.5 Nilai Irradian Tiap Band pada Landsat 7	23
Tabel 2.6 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi	26
Tabel 3.1 Waktu Akuisisi Citra Landsat-7 dan Landsat-8	32
Tabel 4.1 Nama File Citra Landsat-7 dan Landsat-8.....	46
Tabel 4.2 Lokasi Sebaran Titik Sampel dan Nilai TSS.....	48
Tabel 4.3 Tabel Hasil Koreksi Geometrik.....	54
Tabel 4.4 Parameter Hasil Koreksi Atmosferik Citra Landsat....	58
Tabel 4.5 Tabel Hasil Pengolahan TSS Pada Tahun 2018.....	63
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan TSS Dari Citra Multitemporal.....	72
Tabel 4.7 Waktu Akuisisi Citra & Nilai Elevasi Muka Air	79

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Metadata Citra Landsat
- Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Sampel In – Situ
- Lampiran 3. Dokumentasi Hasil Uji Laboratorium
- Lampiran 4. Peta Persebaran Konsentrasi TSS

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan berkembangnya perekonomian Indonesia khususnya Propinsi Jawa Timur, maka kapasitas bongkar muat yang ada saat ini menjadi tidak mencukupi. Oleh karena itu telah direncanakan untuk menambah fasilitas bongkar muat dan terminal peti kemas di Pelabuhan Tanjung Perak. Karena lahan yang tersedia tidak mencukupi untuk pengembangan pelabuhan, maka direncanakan untuk melakukan reklamasi di wilayah Teluk Lamong. Kebijakan rencana reklamasi yang telah dikeluarkan tersebut tentu saja akan berdampak pada perubahan pola arus pasang surut dan sedimentasi di Teluk Lamong. Saat ini rencana reklamasi di Teluk Lamong dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya sedimentasi yang bisa berdampak pada pendangkalan alur pelayaran di Selat Madura. Kekhawatiran terhadap masalah sedimentasi ini disebabkan karena ada beberapa sungai yang bermuara langsung di Teluk Lamong yang tentu saja merupakan suplai sedimen ke Teluk Lamong (Alwafi dkk. 2013). Sungai – sungai ini membawa material sedimentasi atau sedimen tersuspensi seperti lumpur pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena terjadinya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa oleh aliran air sungai yang bermuara di Teluk Lamong (Khomsin, 2009). Sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong tersebut antara lain: Kali Lamong, Kali Sememi, Kali Branjangan, Kali Manukan, Kali Krembangan dan Kali Mas.

Pengamatan langsung di lapangan atas terjadinya sedimentasi akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan

biaya yang cukup besar. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik yang dapat menghitung terjadinya sedimentasi yang cepat dan akurat.

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai analisa pola sebaran TSS di Teluk Lamong. Ada banyak teknik maupun metode yang dapat dilakukan dalam pengamatan TSS. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah kombinasi antara metode pengamatan langsung, informasi dari data sekunder dan metode penginderaan jauh. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisa perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Teluk Lamong dari tahun ke tahun berdasarkan hasil pengukuran, menguji beberapa algoritma untuk menduga TSS di Teluk Lamong serta penerapan algoritma TSS yang sesuai untuk menduga pola sebarannya TSS pada periode yang berbeda di Teluk Lamong.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini antara lain:

- a. Bagaimana hasil ekstraksi nilai konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Teluk Lamong pada tahun 2018 dari citra satelit?
- b. Bagaimana korelasi nilai konsentrasi TSS dari hasil pengolahan data *in situ* dan data citra pada tahun 2018?
- c. Bagaimana perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Teluk Lamong pada tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018?
- d. Bagaimana hubungan antara konsentrasi TSS dengan arus, pasut, dan batimetri?

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari penelitian ini antara lain:

- a. Area penelitian melingkupi wilayah perairan Teluk Lamong

- b. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah data citra satelit Landsat pada tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018
- c. Data pendukung yang digunakan adalah data arus, pasut dan data batimetri pada tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018
- d. Hasil penelitian adalah peta sebaran konsentrasi TSS dan di perairan Teluk Lamong

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui hasil ekstraksi nilai konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Teluk Lamong pada tahun 2018 dari citra satelit.
- b. Mengkorelasi nilai konsentrasi TSS dari hasil pengolahan data *in situ* dan data citra pada tahun 2018.
- c. Untuk menganalisis perubahan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) di Perairan Teluk Lamong pada tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018.
- d. Mengetahui hubungan antara konsentrasi TSS dengan arus, pasut, dan batimetri.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini yaitu sebagai bahan informasi dalam pemantauan kualitas air dan sedimentasi di wilayah perairan Teluk Lamong

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sedimentasi

Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material yang ditransport oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Pethick (1984) mendefinisikan sedimen secara umum sebagai sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) yang mempunyai ukuran butir tertentu. Delta yang terdapat di mulut-mulut sungai adalah hasil dan proses pengendapan material-material yang diangkut oleh air sungai, sedangkan bukit pasir (*sand dunes*) yang terdapat di gurun dan di tepi pantai adalah pengendapan dari material-material yang diangkut oleh angin. Batuan hasil pengendapan oleh air disebut sedimen akuatis. Bentang alam hasil pengendapan oleh air, antara lain meander, dataran banjir, tanggul alam dan delta. Sedimentasi di pantai timbul karena adanya sedimen yang mengendap secara cepat dan terus menerus sehingga mengakibatkan berubahnya bentuk garis pantai. Sedimen pantai bisa berasal dari erosi garis pantai itu sendiri, dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai dan bermuara di pantai. Oleh karena itu di pantai yang banyak terdapat muara sungainya akan lebih mudah mengalami proses sedimentasi. Selain itu, daerah dengan gelombang yang tidak terlalu besar juga akan mempercepat proses sedimentasi (Triatmodjo 1999 dalam Budianto 2016). Di dalam mempelajari proses sedimentasi, maka sangat penting mengetahui sifat-sifat dari sedimen itu sendiri. Beberapa sifat sedimen menurut Triatmodjo (1999) adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk dan kecepatan sedimen, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting. Sedimen pantai

diklasifikasikan berdasar ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral (*pebble*), *cobble*, dan batu (*boulder*) (Budianto 2016).

2.2 Pasang Surut

Pasang-surut (pasut) merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi (gaya tarik menarik) antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari (Surinati 2007).

Pasang-surut (pasut) di berbagai lokasi mempunyai ciri yang berbeda karena dipengaruhi oleh topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk dan sebagainya. Di beberapa tempat, terdapat beda antara pasang tertinggi dan surut terendah (rentang pasut), bahkan di Teluk Fundy (Kanada) bisa mencapai 20 meter. Proses terjadinya pasut memang merupakan proses yang sangat kompleks, namun masih bisa diperhitungkan dan diramalkan. Pasut dapat diramalkan karena sifatnya periodik, dan untuk meramalkan pasut, diperlukan data amplitudo dan beda fasa dari masing-masing komponen pembangkit pasut. Ramalan pasut untuk suatu lokasi tertentu kini dapat dibuat dengan ketepatan yang cukup cermat (Nontji 2005).

Pasut tidak hanya mempengaruhi lapisan di bagian teratas saja, melainkan seluruh massa air yang bisa menimbulkan energi yang besar. Di perairan pantai, terutama di teluk atau selat sempit, gerakan naik turunnya muka air akan menimbulkan terjadinya arus pasut. Jika muka air bergerak naik, maka arus mengalir masuk, sedangkan pada saat muka air bergerak turun, arus mengalir ke luar (Surinati 2007).

2.3 Arus

Arus laut (*sea current*) adalah perpindahan massa air dari satu tempat menuju tempat lain, yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti gradien tekanan, hembusan angin, perbedaan densitas, atau pasang surut (Pariwono 1998 dalam Tanto dkk. 2017). Secara umum, karakteristik arus laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin dan pasang surut (Sugianto & Agus 2007 dalam Tanto dkk. 2017). Di perairan dangkal (kawasan pantai), arus laut dapat dibangkitkan oleh gelombang laut, pasang surut laut atau sampai tingkat tertentu angin. Di perairan sempit dan semi tertutup seperti selat dan teluk, pasut merupakan gaya penggerak utama sirkulasi massa airnya (Dahuri dkk. 2001 dalam Tanto dkk. 2017). Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman, dimana pada satu musim arus mengalir ke satu arah dengan tetap dan pada musim berikutnya akan berubah arah sesuai dengan perubahan arah angin yang terjadi (Pariwono 1998 dalam Tanto dkk. 2017).

2.4 Batimetri

Batimetri adalah ukuran dari tinggi rendahnya dasar laut yang merupakan sumber informasi utama mengenai dasar laut (Nurkhayati dan Khakhim 2013). Peta batimetri seperti layaknya peta topografi di daratan dapat dipakai untuk kepentingan peta dasar penelitian, peta lokasi, peta geografi maupun dimanfaatkan untuk penafsiran pola struktur geologi. Pola struktur yang dihasilkan sangat bergantung kepada tingkat ketelitian/resolusi peta yang dipergunakan (Permana dkk. 2010).

2.5 Total Suspended Solid (TSS)

Parameter yang diuji pada penelitian kali ini adalah *Total Suspended Solid*. *Total Suspended Solid* (TSS), adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Pengamatan terhadap TSS sering dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan. Karena nilai TSS yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. Penyebaran TSS di perairan pantai dan estuari dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik antara lain angin, curah hujan, gelombang, arus, dan pasang surut (Effendi 2000 dalam Baktiar dkk. 2016).

Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa konsentrasi TSS dalam perairan umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, limbah manusia, limbah hewan, lumpur, sisa tanaman dan hewan, serta limbah industri. Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air (Effendi 2000 dalam Baktiar dkk. 2016).

Tabel 2.1 Pembagian Kelas TSS (mg/l) menurut Permen LH Nomor 01 Tahun 2010 (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup 2010)

Kategori	Rentang Konsentrasi TSS (mg/L)
Rendah	0-100
Sedang	100-220
Tinggi	220-350

Rumus menghitung TSS dari data survei lapangan:

$$\text{TSS (mg/L)} = (\text{Tb} - \text{Ta}) / \text{volume air yang disaring} \quad (2.1)$$

Ket : Ta = Berat kertas saring awal (mg)

Tb = Berat kertas saring akhir (mg)

Untuk dapat menghitung nilai TSS dari citra Landsat, diperlukan suatu algoritma. Algoritma digunakan untuk menghitung nilai TSS berdasarkan nilai spektral yang terekam oleh citra. Melalui proses memasukkan algoritma ini, *software* pengolahan citra akan merubah nilai *Digital Number* kanal-kanal tertentu sesuai dengan algoritma yang dimasukkan menjadi nilai TSS yang secara otomatis akan ditampilkan di citra (Budianto 2016).

Pada penelitian TSS ini digunakan 3 Algoritma yang berbeda untuk menghasilkan nilai TSS yang baik. Tiga algoritma yang digunakan adalah

- Algoritma Guzman dan Santaella (2009) dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = \text{TSS} = 602,63 * (0,0007e^{47,755 * \text{Rrs Kanal Merah}}) + 3,1481 \quad (2.2)$$

Dimana Rrs Kanal Merah adalah nilai *remote sensing surfare reflectan* dari kanal merah.

- Algoritma Syarif Budiman (2004) dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = 8,1429 * (\exp^{(23,704 * 0,94 * \text{Rrs Kanal Merah})}) \quad (2.3)$$

Dimana Rrs Kanal Merah adalah nilai *remote sensing surfare reflectan* dari kanal merah.

- c. Algoritma Parwati (2006) dengan persamaan adalah sebagai berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = 3,3238 * \exp^{(34,099 * \text{Red Band})} \quad (2.4)$$

Dimana *Red band* adalah nilai reflektansi data yang sudah terkoreksi atmosfer (Parwati dan Purwanto 2014)

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan metode akuisisi data yang dilakukan pada penelitian ini. Perlu diketahui bahwa penginderaan jauh didefinisikan sebagai ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer 1994 dalam Jhonnerie 2010). Sistem penginderaan jauh terdiri dari lima komponen dasar, yaitu sumber tenaga, atmosfer, interaksi antara tenaga dengan benda di muka bumi, sensor, dan sistem pengolahan data dan berbagai penggunaannya. Kenampakan objek diakibatkan oleh pantulan gelombang elektromagnetik yang berasal dari sinar matahari yang dipantulkan objek sesuai dengan sifat fisik yang dimilikinya (Sutanto 1994). Kemajuan teknologi penginderaan jauh dalam hal resolusi temporal, resolusi spektral, dan resolusi spasial, menyebabkan citra satelit dapat digunakan sebagai informasi dasar pada survei dan pemetaan penggunaan lahan. Penginderaan jauh dapat diterapkan untuk menyediakan informasi mengenai liputan

lahan melalui interpretasi dari kenampakan objek-objek pada citra. Menurut Sutanto (1994) berdasarkan jenis sensor yang dibawa, satelit penginderaan jauh digolongkan menjadi dua, yaitu:

- a. Satelit pasif, yaitu satelit yang membawa sensor pasif. Satelit ini hanya menangkap gelombang yang dipancarkan oleh suatu objek dari permukaan bumi. Contoh satelit pasif antara lain: Landsat, NOAA, Ikonos, SPOT, dan lain-lain.
- b. Satelit aktif, yaitu satelit yang membawa sensor aktif. Sensor yang ada pada satelit memancarkan gelombang mikro, gelombang mikro tersebut diterima sekaligus dipantulkan kembali oleh objek di permukaan bumi. Gelombang pantul ini yang kemudian diterima oleh sensor satelit. Contoh satelit aktif antara lain: JERS, ERS, Radarsat, dan lain-lain (Jhonnerie 2010)

2.7 Citra Satelit Landsat

Citra satelit yang digunakan untuk penelitian ini adalah citra dari satelit Landsat – 8. *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) adalah satelit NASA ke-8 pada seri Landsat yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013 di Atlas V-401, Vandenberg Air Force Base California jam 10:02 a.m PST yang dibuat oleh NASA dan U.S Geological Survey (USGS). Seperti pada tujuan awal bahwa Landsat 8 ini digunakan sebagai penerus Landsat yang sebelumnya. Landsat 1 diluncurkan pada tahun 1972-1978, Landsat 2 1975-1982, Landsat 3 1978-1983, Landsat 4 1982-1993, Landsat 5 1984-2011 (dinonaktifkan secara paksa), Landsat 6 menghilang pada orbit sebelum merekam data pada tahun 1993, Landsat 7 +ETM 1999-2010 mengalami kerusakan scanner, sampai saat ini

program Landsat sudah berjalan selama ± 40 tahun 1972-sekarang dan mempunyai arsip data sebanyak ± 3 juta *scene*. Pengetahuan yang diperoleh dari 40 tahun data berkesinambungan memberikan kontribusi untuk penelitian tentang iklim, siklus karbon, ekosistem, siklus air, biogeokimia dan perubahan permukaan bumi, serta pemahaman kita tentang efek manusia terlihat pada permukaan tanah (Bakar 2013).

ETM + (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), pada Landsat 7. Instrumen ETM + adalah 8-band multispektral radiometer yang mampu memberikan informasi gambar resolusi tinggi dari permukaan Bumi. Band spektral yang mirip dengan Thoss dari TM, kecuali band thermal (Band 6) memiliki resolusi yang lebih baik yaitu 60 m (versus 120 m di TM). Ada juga band pankromatik dengan resolusi 15 m (Terra-Image 2014).

Tabel 2.2 Karakteristik Sensor Landsat TM, ETM (*Terra-Image 2014*)

	<i>Band</i>	<i>Wavelength</i> (μm)	<i>Resolution</i> (<i>m</i>)	<i>Kegunaan</i>
<i>Blue</i>	1	0,450 – 0,520	30	Pemetaan batimetri, membedakan tanah dari vegetasi gugur dan vegetasi konifer
<i>Green</i>	2	0,520 – 0,600	30	Menekankan vegetasi puncak, yang berguna untuk

	<i>Band</i>	<i>Wavelength (μm)</i>	<i>Resolution (m)</i>	<i>Kegunaan</i>
				menilai kekuatan tanaman
<i>Red</i>	3	0,630 – 0,690	30	Mendiskrimi nasikan lereng vegetasi
<i>Near IR</i>	4	0,760 – 0,900	30	Menekankan konten biomassa dan garis pantai
<i>SWIR</i>	5	1,550 – 1,750	30	Mendiskrimi nasikan kadar air tanah dan vegetasi; menembus awan tipis
<i>Thermal IR</i>	6	10,400 – 12,500	120 (TM) 60 (ETM+)	Pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah
<i>SWIR</i>	7	2,080 – 2,350	30	Batuan ubahan hidrotermal berhubungan dengan endapan mineral

	<i>Band</i>	<i>Wavelength</i> (μm)	<i>Resolution</i> (<i>m</i>)	<i>Kegunaan</i>
<i>Panchromatic</i>		0,500 – 0,900	15	Resolusi 15 meter, definisi gambar yang lebih tajam

Misi Landsat 8: Pemantauan permukaan bumi, memahami dan mengelola sumber daya yang dibutuhkan untuk memelihara kelestarian manusia seperti makanan air dan hutan, memantau dampak-dampak serta perubahan lingkungan, dan lain sebagainya. Setiap hari, 400 *scene* data diakuisisi oleh *Operasional Land Imager* (OLI) dan Sensor Inframerah Termal (TIRS) yang akan diarsipkan di USGS EROS *Center*, dan akan diproses untuk konsisten dengan produk standar data Landsat. Data akan siap untuk *download* dalam waktu 24 jam penerimaan.

Landsat 8 didesain untuk beroperasi selama 5 tahun tetapi membawa bahan bakar yang cukup untuk beroperasi selama 10 tahun. Terdapat 2 instrumen pada Landsat 8: *Operasional Land Imager* (OLI) membawa 9 band dan Sensor Inframerah Termal (TIRS) membawa 2 band. Dari 11 band diantaranya adalah band *Visible*, *Near Infrared* (NIR), *Short Wave Infrared* (SWIR), *Panchromatic* dan *Thermal*. Band 1,2,3,4,5,6,7 dan 9 mempunyai resolusi spasial 30 meter, band 8 mempunyai resolusi spasial 15 meter, sementara band 10 dan 11 resolusi spasialnya 100 meter (Bakar 2013). Berikut adalah detail proses produk LDCM Level 1:

Tabel 2.3 Detail Proses Produk LDCM Level 1 (Bakar 2013)

<i>Processing:</i>	<i>Level 1 T- Terrain Corrected</i>
<i>Pixel Size:</i>	<i>OLI multispectral bands: 30-meters OLI panchromatic band: 15-meters TIRS bands: resampled to 30 meters to match OLI multispectral bands</i>
<i>Data Characteristic:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>GeoTIFF data format</i> • <i>Cubic Convolution (CC) resampling</i> • <i>North Up (MAP) orientation</i> • <i>Universal Transverse Mercator (UTM) map projection (Polar Stereographic for Antarctica)</i> • <i>World Geodetic System (WGS) 84 datum</i> • <i>12 meter circular error, 90% confidence global accuracy for OLI</i> • <i>41 meter circular error, 90% confidence global accuracy for TIRS</i> • <i>16-bit pixel values</i>

Dari masing-masing band yang disebutkan di atas memiliki kegunaan tersendiri. Untuk melakukan analisis dari citra Landsat tersebut, diperlukan kombinasi band untuk mendapatkan tampilan citra sesuai dengan tema atau tujuan dari analisis. Detail kegunaan masing-masing band adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Landsat 8 (Septiana 2015)

Band	Panjang Gelombang (μm)	Kegunaan Untuk Pemetaan
<i>Band 1 - coastal aerosol</i>	0,430-0,450	Studi pesisir dan aerosol
<i>Band 2 – blue</i>	0,450-0,510	Pemetaan batimetri, membedakan tanah
<i>Band 3 – green</i>	0,530-0,590	Menekankan vegetasi puncak, yang berguna untuk menilai kekuatan tanaman

Band	Panjang Gelombang (μm)	Kegunaan Untuk Pemetaan
<i>Band 4 – red</i>	0,640-0,670	Mendiskriminasikan lereng vegetasi
<i>Band 5 – Near Infrared (NIR)</i>	0,850-0,880	Menekankan konten biomassa dan garis pantai
<i>Band 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1</i>	1,570-1,650	Mendiskriminasikan kadar air tanah dan vegetasi; menembus awan tipis
<i>Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2</i>	2,110-2,290	Peningkatan kadar air tanah dan vegetasi, penetrasi awan tipis
<i>Band 8 - Panchromatic</i>	0,500-0,680	Resolusi 15 meter, definisi gambar yang lebih tajam
<i>Band 9 – Cirrus</i>	1,360 -1,380	Peningkatan deteksi kontaminasi awan cirrus
<i>Band 10 – TIRS 1</i>	10,600-11,190	Resolusi 100 meter, pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah
<i>Band 11 – TIRS 2</i>	11,500-12,510	Resolusi 100 meter, Peningkatan pemetaan termal dan perkiraan kelembaban tanah

2.8 Koreksi Geometrik

Untuk dapat memberikan informasi yang benar, baik jenis informasi maupun skalanya, rekaman citra satelit perlu diperbaiki. Perbaikan citra mencakup koreksi radiometrik dan geometrik. Koreksi radiometrik dilakukan karena adanya efek atmosferik yang mengakibatkan kenampakan bumi tidak selalu tajam. Sedangkan koreksi geometrik merupakan upaya memperbaiki citra dari pengaruh kelengkungan bumi dan gerakan muka bumi dengan cara menyesuakannya

dengan koordinat bumi (memposisikan letak lintang dan bujur), sehingga sesuai dengan koordinat peta dunia.

Akibat pengaruh perputaran bumi, arah gerakan satelit dan lengkung permukaan bumi, informasi posisi koordinat citra satelit harus diperbaiki dan dibetulkan antara lain dengan menggunakan acuan koordinat peta topografi. Proses ini dikenal dengan koreksi geometrik.

Koreksi geometrik merupakan proses memposisikan citra sehingga cocok dengan koordinat peta dunia yang sesungguhnya. Dalam proses ini akan ditampilkan juga ketidaktepatan dalam memasukkan koordinat dengan letak titik sesungguhnya. Pada dasarnya kesalahan tersebut masih dapat diterima sepanjang masih memenuhi kaidah-kaidah kartografi (Wahyu dan Sukartono 2002).

Geometrik citra adalah korelasi antara koordinat suatu objek (x,y) pada citra dengan koordinat (X,Y) pada permukaan bumi. Koreksi geometrik diperlukan untuk menghilangkan distorsi geometrik pada citra dan untuk mendapatkan hubungan antara sistem koordinat citra (baris,kolom) dengan sistem koordinat proyeksi. Koreksi ini merupakan proses transformasi koordinat titik-titik pada citra yang masih mengandung kesalahan geometrik menjadi citra yang benar. Dalam pekerjaan koreksi geometrik, terdapat satu tahap yang dikenal dengan nama rektifikasi. Rektifikasi adalah suatu proses untuk memproyeksikan citra yang ada ke bidang datar dan menjadikan bentuk konform (sebangun) dengan sistem proyeksi peta yang digunakan, juga terkadang mengorientasikan citra, sehingga mempunyai arah yang benar (Nirwansyah 2017).

Untuk keperluan rektifikasi citra satelit, dibutuhkan beberapa koordinat titik kontrol lapangan

sebagai bagian dari titik sekutu. Koordinat titik kontrol lapangan ini dapat diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan dengan GPS atau interpolasi dari peta dasar yang sudah ada. Jumlah titik kontrol yang harus dibuat sangat terkait dengan tingkat kompleksitas dari bentuk transformasi polynomial yang akan digunakan untuk mcntransformasi dataset raster ke dalam sebuah koordinat peta. Rektifikasi yang baik hendaknya menyebarkan titik kontrol secara merata dan tidak hanya memusatkannya dalam satu area. Titik rektifikasi minimum berjumlah 3 titik (Nirwansyah 2017).

2.8.1 RMS Error

Parameter tingkat keakurasian dari proses rektifikasi ini adalah nilai yang dipresentasikan oleh selisih antara koordinat titik kontrol hasil transformasi dengan koordinat titik kontrol atau dikenal dengan RMS (*Root Mean Square*) error. Nilai RMS error yang rendah akan menghasilkan hasil rektifikasi yang akurat. Sebagai contoh, hasil transformasi boleh jadi masih berisi kesalahan yang signifikan karena rendah atau sedikitnya titik kontrol yang dimasukkan (Nirwansyah 2017).

$$RMS (di X) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^2} \quad (2. 5)$$

$$RMS (di Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta Y_i)^2} \quad (2. 6)$$

$$RMS (Total) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2)} \quad (2.7)$$

Dimana :

$\Delta X_i, \Delta Y_i$ = residual titik (i) di sumbu X dan Y.

T = total RMS error

n = jumlah GCP

i = nomor GCP (Hamza dan Eltohamy 2009)

2.8.2 Kekuatan Jaring/*Strength of Figure* (SoF)

Selanjutnya dilakukan perhitungan SoF atau kekuatan jaring. SoF (*Strength of Figure*) merupakan kekuatan geometrik (bentuk) rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaring. Apabila nilai SoF kecil maka mencerminkan kekuatan jaring yang kecil pula, dan sebaliknya. Adapun formula dari SoF (Abidin 2002) yakni :

$$SoF = \frac{Trace(A^T \times A)^{-1}}{u} \quad (2.8)$$

Keterangan :

A = matriks desain

N_ukuran = jumlah *baseline* \times 3 komponen per *baseline*

N_parameter = jumlah titik \times 3 komponen koordinat per titik

u = N_ukuran – N_parameter

2.9 Koreksi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan proses untuk memperbaiki kualitas visual citra, dalam hal

memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras (*enhancement*) setiap *pixel* (*picture element*) dari citra, sehingga objek yang terekam mudah diinterpretasikan atau dianalisis untuk menghasilkan data/informasi yang benar sesuai dengan keadaan lapangan (Wahyu dan Sukartono 2002). Koreksi radiometrik terbagi menjadi dua yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer (Sari *et al.* 2015).

2.9.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik bertujuan mengubah DN ke radian atau reflektan menggunakan parameter yang tersedia di metadata. Pada Landsat 8 ,untuk menghasilkan data dalam format reflektan TOA ($\rho\lambda$) digunakan persamaan (Sari dkk. 2015):

$$\rho\lambda = (M_p Q_{cal} + A_p) / \sin(\theta_{SE}) \quad (2.9)$$

dimana :

$\rho\lambda$ = reflektan TOA terkoreksi sudut matahari

M_p = REFLECTANCE_MULT_BAND_x

A_p = REFLECTANCE_ADD_BAND_x

Q_{cal} = Digital Number (DN)

θ_{SE} = SUN_ELEVATION (USGS 2013a)

Sedangkan untuk merubah dari DN ke radian (L_λ), digunakan persamaan:

$$L_\lambda = M L Q_{cal} + A L \quad (2.10)$$

dimana :

L_λ = radian TOA

$ML = \text{RADIANCE_MULT_BAND_x}$
 $AL = \text{RADIANCE_ADD_BAND_x}$
 $Q_{cal} = \text{Digital Number (DN) (USGS 2013a)}.$

Pada Landsat 7, kalibrasi radiometri dilakukan dengan cara mengkonversi nilai digital (DN) ke radian untuk setiap kanal multispektral dari citra Landsat-7 menggunakan formula (Chander dkk. 2009 dalam Muchsin dkk. 2017):

$$L_{\lambda} = \text{Grescale} \times Q_{cal} + \text{Brescale} \quad (2.11)$$

$$\text{Grescale} = (LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (Q_{cal} \text{ max} - Q_{cal} \text{ min}) \quad (2.12)$$

$$\text{Brescale} = LMIN_{\lambda} - ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (Q_{cal} \text{ max} - Q_{cal} \text{ min})) \quad (2.13)$$

Keterangan:

- L_{λ} = nilai radian pada sensor untuk setiap λ [W/(m² sr μ m)]
- Grescale = *Rescaling gain factor* untuk tiap band
- Brescale = *Rescaling bias factor* untuk tiap band
- Q_{cal} = nilai digital (DN)
- Q_{calmin} = nilai digital minimum
- Q_{calmax} = nilai digital maksimum
- $LMIN_{\lambda}$ = nilai radian minimum pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]

$LMAX_{\lambda}$ = nilai radian maksimum pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]]

Setelah kalibrasi radiometri pada Landsat 7, dilakukan konversi citra radian menjadi reflektan *Top of Atmosphere* (TOA). Tujuan utamanya adalah memperbaiki perbedaan nilai pantulan akibat perbedaan jarak bumi – matahari pada setiap tanggal perekaman. Perbedaan ini dapat menjadi signifikan karena perbedaan kondisi geografis dan waktu perekaman citra. Reflektan TOA belum memperhitungkan pengaruh kondisi atmosfer pada citra. Reflektan TOA digunakan sebagai input untuk koreksi atmosfer. Perhitungan nilai reflektansi TOA dilakukan menggunakan persamaan (Muchsin dkk. 2017):

$$\rho_{TOA_{\lambda}} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta_s} \quad (2.14)$$

Keterangan:

$\rho_{TOA_{\lambda}}$ = reflektan TOA untuk setiap λ

π = 3,14159

L_{λ} = nilai radian pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]]

d = jarak bumi–matahari (*astronomical units*)

$ESUN_{\lambda}$ = *Mean exoatmospheric solar irradiance* [W/(m² μ m)]]

θ_s = sudut zenith matahari (derajat)

= (90° – sudut elevasi matahari)

Nilai iradian dan jarak bumi – matahari diperoleh diperoleh dari Tabel 6 (Chander dkk.

2009 dalam Muchsin dkk. 2017). Sudut elevasi matahari diperoleh dari file metadata.

Tabel 2.5 Nilai Irradian Tiap Band pada Landsat 7 (USGS 2011)

Band	Watts/(m ² * μm)
1	1970,000
2	1842,000
3	1547,000
4	1044,000
5	225,700
7	82,060
8	1369,000

2.9.2 Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer bertujuan menurunkan reflektansi objek dari total radiansi ToA setelah proses normalisasi kondisi pencahayaan dan penghapusan efek atmosfer (Sari dkk. 2015).

Pada penelitian ini koreksi atmosfer dilakukan dengan menggunakan metode 6SV (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum – Vector*). Metode 6SV ini dilakukan lewat website dengan alamat URL : <http://6s.ltdri.org/pages/run6SV.html>.

Prinsip utama dari koreksi atmosfer 6SV di atas yakni dengan memasukkan beberapa parameter mengenai tanggal akuisisi citra, model atmosfer, model aerosol, dan *visibility* pada daerah penelitian untuk mendapatkan koefisien parameter. Untuk metode 6SV dapat menggunakan persamaan (Bobsaid dan Jaelani 2017) :

$$y = xa \times L\lambda - xb$$

(2.15)

$$acr = y(1, +xc \times y)$$

(2.16)

Dimana :

acr = *atmospheric correction reflectance*

$L\lambda$ = nilai radian ToA

x_a, x_b, x_c = koefisien parameter koreksi atmosfer

2.10 Uji Korelasi

Korelasi merupakan pengukuran hubungan antara dua peubah X dan Y. Kekuatan hubungan antara dua peubah tersebut dapat dinyatakan dalam sebuah bilangan yang disebut koefisien korelasi yang dinyatakan dengan r. Dalam penelitian ini, uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan dari nilai data lapangan (*in situ*) dengan nilai hasil pengolahan Citra.

Jenis Uji Korelasi menurut Husaini dan Purnomo (2008) ada 3 yaitu :

- Jika data interval dan normal : *Pearson Product Moment*.
- Jika data ordinal : *spearman rank (rho)* atau *Kendall rank (tau)*.
- Jika satu interval kontinu dan satu dikotomi : *Point-Bisehal*.

Korelasi disimbolkan dengan r atau ρ , dengan nilai korelasi berada pada -1 sampai dengan 1. Dari arah nilai korelasi terdapat 2 jenis arah korelasi, yaitu korelasi positif dan korelasi negatif. Korelasi positif merupakan nilai hubungan yang positif antara 0 dan 1, nilai tinggi X adalah terkait dengan nilai tinggi pada Y dan sama untuk nilai rendah, Sedangkan korelasi negatif merupakan nilai

negatif antara 0 dan -1 , nilai tinggi pada X dihubungkan dengan nilai rendah pada Y dan sebaliknya.

Tingkat atau kekuatan hubungan

1. Hubungan sempurna 1 atau -1
 - a. Positif : setiap kali nilai X meningkat, maka dapat diprediksi akan semakin meningkat nilai Y (*Perfect Covariance*).
 - b. Negatif : setiap kali nilai X meningkat maka diprediksi nilai Y akan menurun.
2. Nilai r tinggi (mendekati 1 atau -1) mengindikasikan hubungan yang lebih erat.
3. Nilai r rendah (mendekati 0) mengindikasikan hubungan yang lebih lemah.
4. Hubungan yang mendekati 0 mengindikasikan hubungan tidak linear sehingga perubahan X tidak cocok untuk memprediksi perubahan variabel Y.

Rumus Korelasi *Pearson Product Moment* (PPM) (Usman dan Akbar 2008)

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (2.17)$$

Rumus diatas merupakan fungsi korelasi dari regresi linier sederhana, dimana :

- n = jumlah variabel
- x = nilai variabel X
- y = nilai variabel Y
- r_{xy} = hubungan variabel X dengan variabel Y

Dan berikut adalah tabel hubungan antar interval koefisien korelasi .

Tabel 2.6 Pedoman Interpretasi Koefisien Korelasi (Sugiyono 2008).

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0 – 0,199	Sangat Rendah
0,2 – 0,399	Rendah
0,4 – 0,599	Sedang
0,6 – 0,799	Kuat
0,8 – 1,00	Sangat Kuat

2.11 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian terdahulu ini diharapkan peneliti dapat melihat perbedaan antara penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian yang dilakukan. Selain itu, juga diharapkan dalam penelitian ini dapat diperhatikan mengenai kekurangan dan kelebihan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan.

- a. Pada penelitian yang dilakukan oleh Syaiful Budianto (2016) berjudul **Analisis Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Dampak Bencana Lumpur Menggunakan Citra Landsat Multitemporal (Studi Kasus : Sungai Porong, Sidoarjo)** citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 8 L1T hasil perekaman secara multi temporal pada tahun 2014 - 2016. 3 algoritma dipakai untuk menentukan nilai TSS yaitu, algoritma Guzman dan Santaella (2009), algoritma Syarif Budiman (2004), dan algoritma Laili (2015). Waktu penelitian dilakukan pada musim penghujan yang dilakukan pada bulan April dengan daerah penelitian di area Muara

Sungai Porong. Dari hasil pengolahan data dan analisa didapatkan nilai TSS dari tahun 2014 – 2016 bervariasi antara 1,4 mg/l – 118 mg/l. Uji validasi nilai TSS yang paling baik menggunakan algoritma Laili (2015) dengan koefisien Determinasi (R^2) sebesar 0,5449 dan regresi linier (R) sebesar 73,81 %. Nilai dan sebaran TSS dipengaruhi oleh pasang surut, arus, angin, dan gelombang (Sugiyono, 2008). Perbedaan dari penelitian ini adalah algoritma Laili tidak dipakai di sini digantikan dengan algoritma Parwati. Citra yang digunakan selain menggunakan citra Landsat 8 juga menggunakan citra Landsat 7. Lokasi studi yang digunakan juga di daerah Teluk yang merupakan wilayah perairan sempit yang dekat dengan selat. Dan juga terdapat analisa kaitan antara sebaran TSS dan batimetri.

- b. Pada penelitian berjudul **Pemetaan Distribusi Nilai *Total Suspended Solid* (TSS)** yang dilakukan oleh Fadhliannoor (2015) menggunakan Algoritma Syarif Budhiman Di Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Penelitian ini dilakukan pada perairan Delta Mahakam dengan citra satelit Landsat – 8 OLI. Uji keakuratan pengukuran TSS dihitung berdasarkan algoritma Syarif Budhiman. Pengambilan sampel dilakukan pada 7 titik yang diambil pada 29 Mei 2015 sedangkan akuisisi data citra diperoleh pada 17 Mei 2015. Pengukuran data TSS secara *in-situ* dilakukan di laboratorium Tanah menggunakan metode Gravimetri. Untuk mengetahui keakuratan data

citra dan data lapangan, digunakan perhitungan analisis regresi linear sederhana. Berdasarkan analisa dapat disimpulkan bahwa peningkatan konsentrasi TSS terjadi pada muara sungai mahakam dengan nilai konsentrasi TSS berkisar antara 0-300 mg/l. Dari perhitungan menggunakan algoritma Syarif Budhiman pada citra Landsat 8 dapat memprediksi konsentrasi TSS sebesar 86,3% di lapangan (Fadhliannoor, 2015). Perbedaan dari penelitian ini adalah selain menggunakan algoritma Syarif Budhiman juga menggunakan algoritma Guzman & Santaella serta algoritma Parwati. Citra yang digunakan selain menggunakan citra Landsat 8 juga menggunakan citra Landsat 7. Lokasi studi yang digunakan juga di daerah Teluk yang merupakan wilayah perairan sempit yang dekat dengan selat. Faktor analisa parameter oseanografi berupa arus dan pasang surut serta variasi kedalaman laut (batimetri) juga dilakukan dalam penelitian kali ini.

- c. Pada penelitian berjudul **Pemantauan Perairan Teluk Lamong Dengan Pengembangan Algoritma *Total Suspended Solid* (TSS) dari Data Citra Satelit Multitemporal dan Data *In situ*** yang dilakukan oleh Haidar R. Krisananda (2017). menggunakan Algoritma Budhiman, algoritma Parwati dan algoritma Laili. Penelitian ini dilakukan pada perairan Teluk Lamong dengan citra satelit Landsat – 8 OLI pada tahun 2014 sampai dengan 2017. Pengambilan sampel dilakukan pada 30 titik yang diambil pada 27 Agustus 2017 sedangkan akuisisi data citra

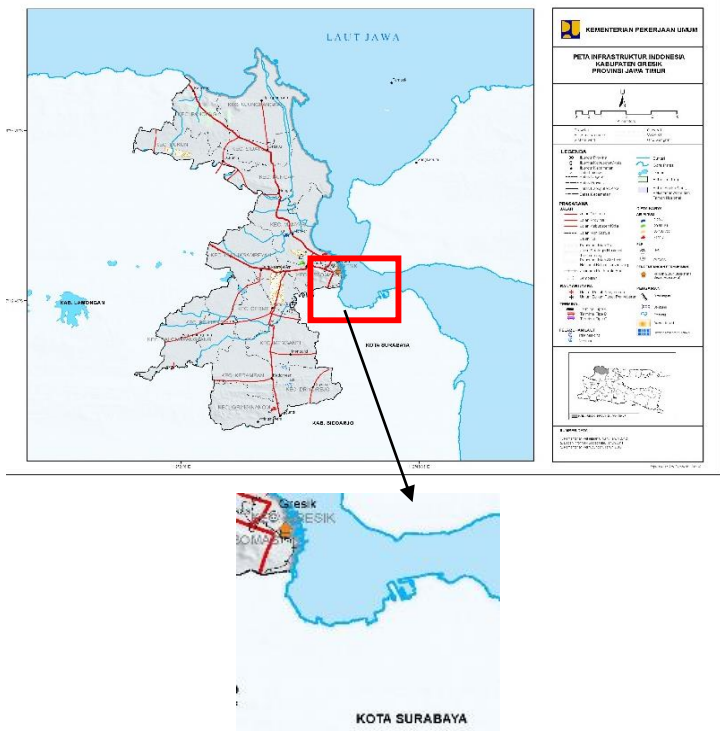
diperoleh pada 24 Agustus 2017. Untuk mengetahui keakuratan data citra dan data lapangan, digunakan perhitungan analisis korelasi linear. Uji validasi nilai TSS yang paling baik menggunakan algoritma Budiman dengan koefisien Determinasi (R^2) sebesar 0,853. Status mutu air perairan Teluk Lamong Surabaya menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. 115 tahun 2003 dinyatakan memenuhi baku mutu (Krisananda dan Hariyanto, 2017). Perbedaan dari penelitian ini adalah selain citra yang digunakan selain menggunakan citra Landsat 8 juga menggunakan citra Landsat 7 juga dilakukan analisa parameter oseanografi berupa arus dan pasang surut serta variasi kedalaman laut (batimetri). Dan data penelitian ini menggunakan data pada saat musim penghujan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini terletak di wilayah perairan Teluk Lamong, Kelurahan Osowilangun, Kecamatan Benowo, Surabaya dengan letak geografis dari $112^{\circ}39'44,113''$ BT - $112^{\circ}42'58,679''$ BT dan $7^{\circ}10'45,911''$ LS - $7^{\circ}14'0,044''$ LS:



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia 2016)

3.2 Data dan Peralatan

3.1.1 Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Data citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 yang diakuisisi pada :

Tabel 3.1 Waktu Akuisisi Citra Landsat-7 dan Landsat-8

No.	Tanggal Akuisisi Citra
1	28 Februari 2002
2	14 Januari 2003
3	25 Maret 2014
4	8 Februari 2015
5	10 Januari 2016
6	13 Februari 2017
7	20 Maret 2018

- b. Peta vektor RBI daerah perairan Teluk Lamong skala 1: 25.000 untuk proses geometrik citra satelit.
- c. Data arus (pada tahun 2017) yang diperoleh dari data PT. Terminal Teluk Lamong
- d. Data pasang surut (pada tahun 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018) perairan Teluk Lamong yang diperoleh dari BMKG Tanjung Perak
- e. Data kedalaman (pada tahun 2017) untuk wilayah perairan Teluk Lamong yang diperoleh dari PT. Terminal Teluk Lamong

- f. Data *in situ* konsentrasi TSS Teluk Lamong pada tanggal 20 Maret 2018 yang diujikan di laboratorium

3.1.2 Peralatan

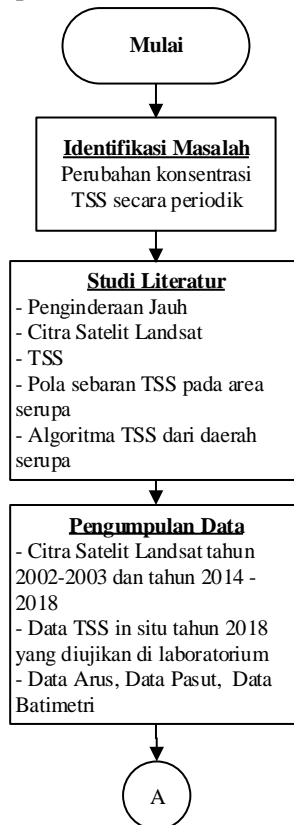
Berikut adalah peralatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu :

- a. *Hardware* yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:
 - i. Laptop untuk pengolahan data, analisa dan pembuatan laporan
 - ii. GPS navigasi/*handheld*, untuk menandai titik rencana pengambilan data *In Situ* TSS dan mengarahkan kapal ke titik rencana pengambilan data *In Situ* TSS
 - iii. Perahu motor, untuk pengambilan sampel air di lokasi studi
 - iv. Botol sampel, digunakan sebagai tempat penyimpanan sampel air
 - v. Alat tulis dan formulir survei
 - vi. Kamera, digunakan untuk keperluan dokumentasi penelitian.
- b. Perangkat Lunak (*Software*)
Software yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :
 - i. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data citra
 - ii. Perangkat lunak untuk pembuatan peta
 - iii. Perangkat lunak untuk penyusunan laporan akhir
 - iv. Google Earth, digunakan untuk menentukan lokasi penelitian hingga rencana survei lapangan.

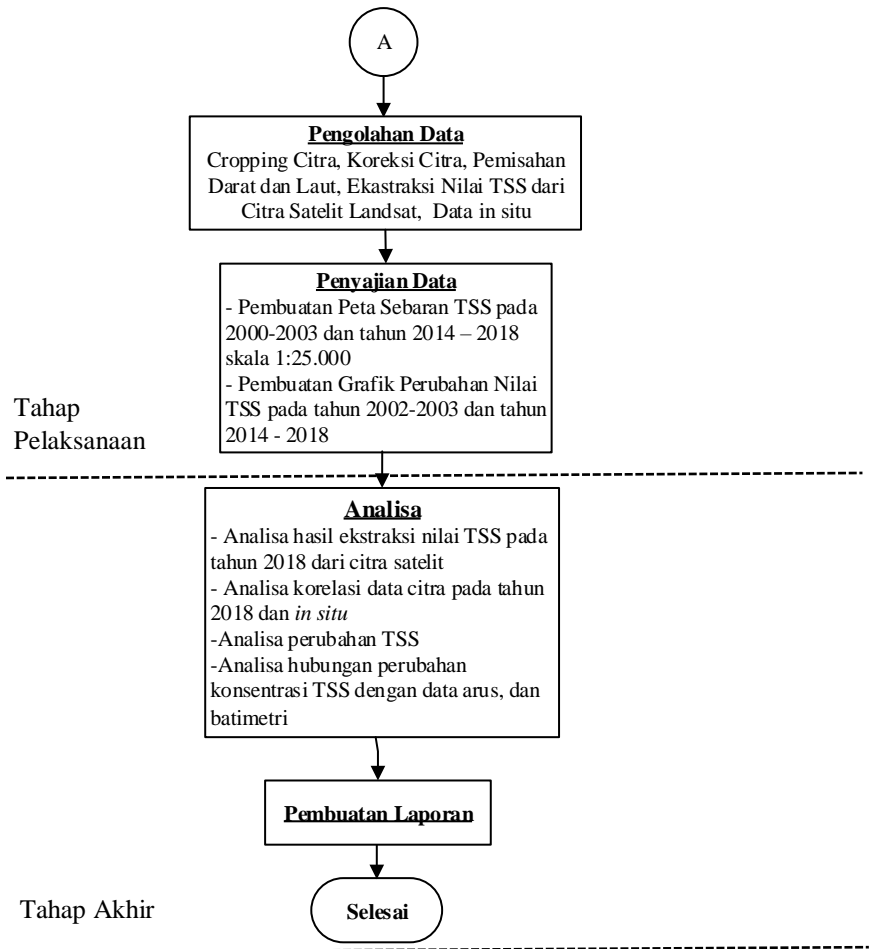
- v. Perangkat lunak untuk membuat jalur pengambilan sampel di lapangan.
- vi. Perangkat lunak yang digunakan untuk mengunduh dan mengunggah koordinat titik dari GPS *handheld*

3.2 Metodologi Penelitian

3.2.1 Tahap Pelaksanaan



Tahap Persiapan



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir metode penelitian:

a. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan penentuan masalah yang akan diselesaikan, yaitu menganalisa perubahan konsentrasi TSS pada wilayah perairan Teluk Lamong secara periodik

b. Studi Literatur

Ini dilakukan untuk mendapatkan referensi yang menunjang kegiatan penelitian, yakni referensi tentang ilmu penginderaan jauh, citra satelit Landsat, TSS, sebaran TSS pada area serupa, algoritma TSS dari daerah serupa. Referensi dapat berupa teori, rumus, atau data dari buku, jurnal, majalah, internet, ataupun dari sumber lainnya.

c. Tahap Pengumpulan Data

Dilakukan untuk mencari data-data yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian tugas akhir ini. Data dapat berupa data angka tabular maupun grafis yang dapat menunjang proses penelitian. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini, yakni citra satelit Landsat tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018, dan data TSS *in situ* pada tahun 2018.

d. Tahap Pengolahan Data

Pada tahapan ini dibuat desain kerangka atau *flowchart* agar langkah-langkah dalam melakukan pengolahan tidak ada yang terlewat atau berjalan sistematis. Pengolahan data yang dilakukan meliputi *Cropping* citra, koreksi citra, pemisahan darat dan laut, ekstraksi nilai konsentrasi TSS dari citra satelit Landsat dan data *in situ*.

e. Tahap Penyajian Data

Pembuatan peta sebaran TSS secara periodik untuk mengetahui perubahannya. Peta yang dibuat meliputi peta sebaran TSS grafik perubahan nilai TSS pada tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018.

f. Analisa

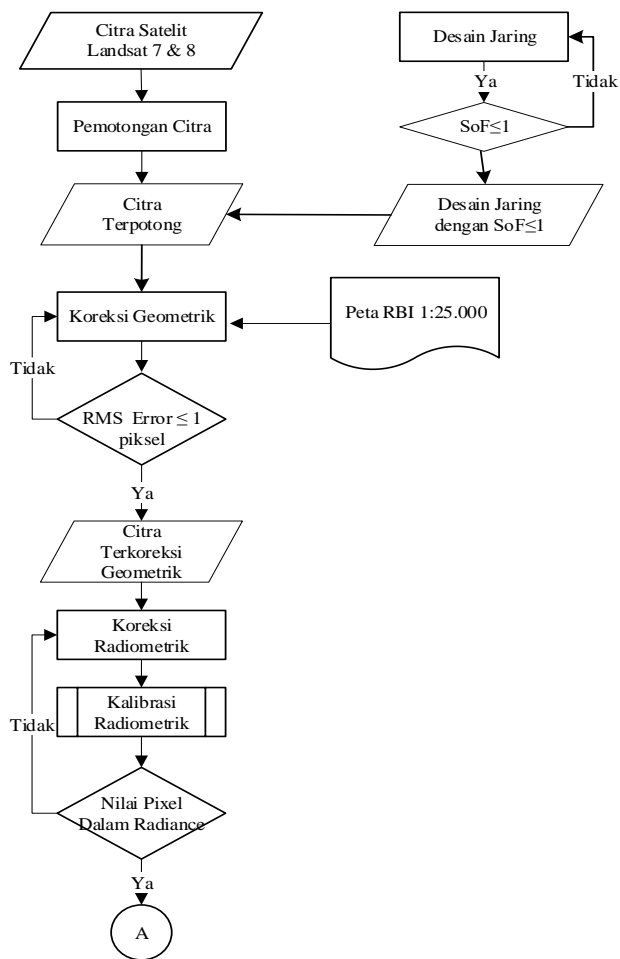
Melakukan analisa pada hasil yang diperoleh, meliputi analisa korelasi data citra dan data lapangan, analisa perubahan TSS tiap tahun pada 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018, serta analisa konsentrasi TSS dengan data arus, pasut dan batimetri

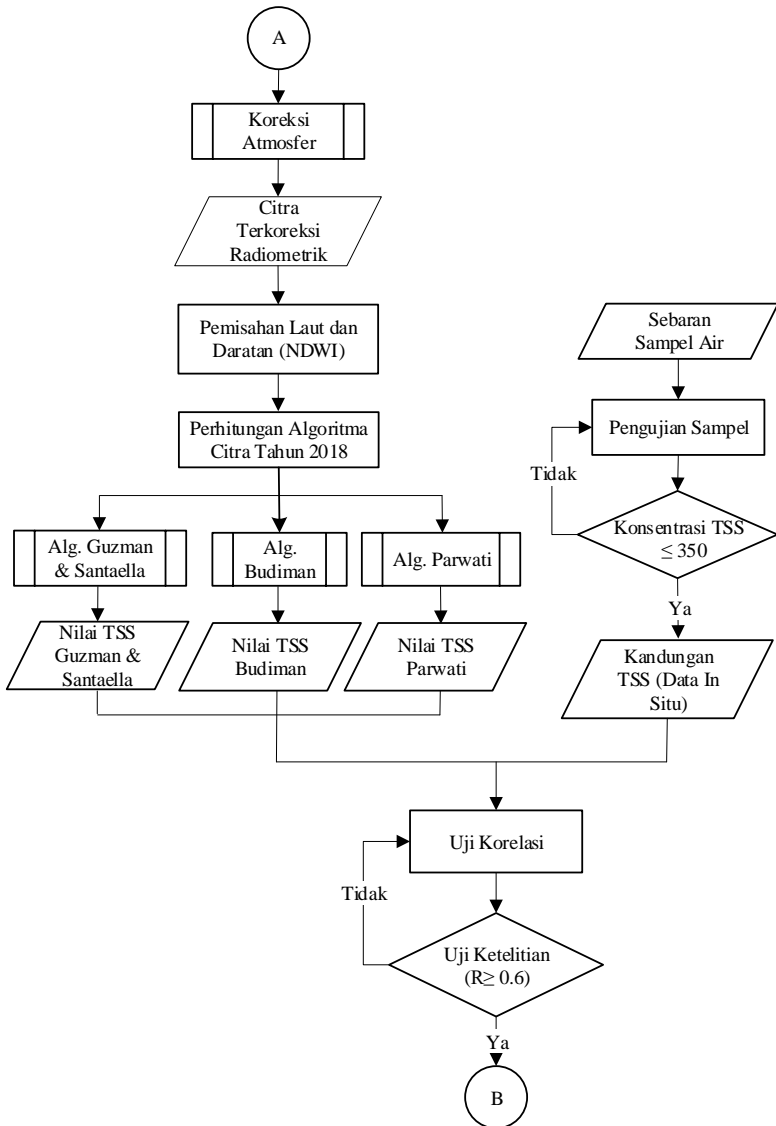
g. Penyusunan Laporan

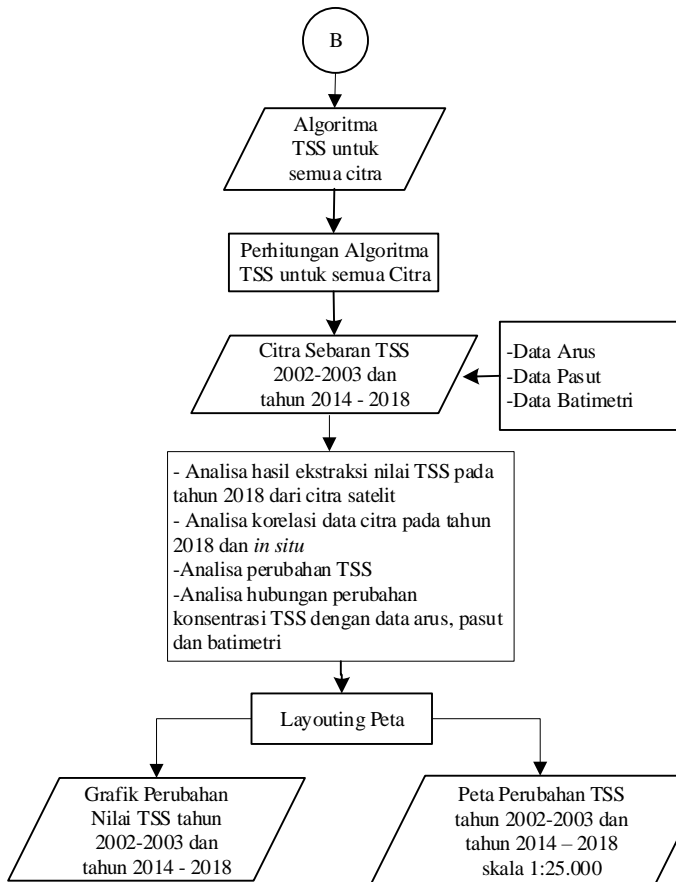
Menyusun laporan guna melaporkan hasil yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan format penulisan tugas akhir. Tahap Pengolahan

3.2.2 Tahap Pengolahan

Adapun alur dari tahap pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:







Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Pengolahan Data

Penjelasan Diagram Alir:

a. Pemotongan citra

Setelah didapatkan citra Landsat tahun 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018 selanjutnya dilakukan pemotongan citra sesuai dengan area yang diperlukan untuk penelitian. Dalam

studi kasus ini area citra yang diperlukan yaitu pada area perairan Teluk Lamong

b. Koreksi Geometrik

Koreksi *image to map* menggunakan acuan peta RBI Indonesia skala 1 : 25.000 dan desain jaring dengan nilai $SoF \leq 1$. Toleransi yang digunakan yaitu *RMS Error*-nya harus ≤ 1 piksel, apabila nilai *SoF* dan *RMSe* melebihi nilai toleransi maka koreksi tersebut harus diulang. Proses ini akan menghasilkan citra yang telah terkoreksi secara geometrik yang memiliki posisi koordinat yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di bumi.

c. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik terdiri dari 2 tahap yakni kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer.

- i. Kalibrasi radiometri dilakukan untuk mengubah data Landsat 8 dengan format data *Digital Number* (DN) ke *radiance* atau *reflectance* untuk dilakukan proses selanjutnya.
- ii. Koreksi atmosferik dilakukan untuk mereduksi bias ataupun *scattering* yang disebabkan oleh efek atmosfer yang ada sehingga nilai *reflectance* yang didapat oleh sensor tidak sama dengan nilai *reflectance* pada objek. Untuk meminimalisir perbedaan antara reflektan objek dengan reflektan sensor maka perlu dilakukan koreksi atmosfer.

d. Pemisahan Laut dari Daratan

Pemisahan darat dan laut menggunakan algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*), yaitu data citra akan terpisah menjadi dua *pixel value*, bila nilai NDWI > 0 , maka daerah tersebut berupa perairan

dan bila $NDWI \leq 0$, maka daerah tersebut berupa daratan.

e. Penetapan Algoritma

Penerapan 3 Algoritma Nilai TSS formula yang menggunakan Multi Band dalam perhitungannya, di dalam formula ini menggunakan pendekatan nilai reflektansi pada citra Landsat. Adapun 3 Algoritma yang digunakan untuk menentukan nilai TSS (*Total Suspended Solid*), yakni Algoritma Guzman & Santaella (2009), Algoritma Syarif Budiman (2004) dan Algoritma Parwati (2006) yang digunakan untuk ekstraksi nilai TSS pada citra tanggal 20 Maret 2018 (citra yang diakuisisi pada hari dilakukannya pengambilan data *insitu*). Kemudian untuk hasil algoritma yang paling baik akan digunakan untuk menentukan nilai TSS di kawasan Teluk Lamong pada semua citra

f. Data *Insitu*

Data *insitu* diperoleh dengan melakukan pengambilan sampel air secara acak dari perairan Teluk Lamong. Air sungai atau laut yang dijadikan sampel adalah air yang berada pada kolom air (kedalaman $< 50\text{cm}$). Dalam waktu yang bersamaan, dilakukan juga pengambilan data koordinat titik sampel menggunakan GPS *Handheld*. Pengolahan data *in situ* dilakukan oleh laboratorium.

g. Uji Ketelitian

Uji ketelitian dilakukan melakukan validasi data hasil TSS dari citra satelit tanggal 20 Maret 2018 yang diperoleh menggunakan 3 algoritma terhadap data *In Situ*. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan korelasi dengan membandingkan data olahan citra dengan data hasil *ground truth* TSS yang ada di lapangan. Hal ini

digunakan untuk melihat sejauh mana kedekatan atau kebaikan data citra yang digunakan dan untuk mengetahui algoritma mana yang korelasinya paling baik jika dihubungkan dengan data lapangan.

h. Ekstraksi Nilai TSS

Setelah didapatkan algoritma yang menghasilkan nilai korelasi TSS citra dan *insitu* yang paling baik, maka algoritma tersebut diterapkan pada semua citra yang digunakan untuk mendapatkan nilai TSS-nya

i. Analisa

Setelah diklasifikasi berdasarkan rentang konsentrasi TSS kemudian dianalisa korelasinya dengan data citra dan data lapangan, analisa perubahan TSS tiap tahun pada 2002 sampai dengan 2003 dan tahun 2014 sampai dengan 2018, serta analisa hubungan perubahan konsentrasi TSS dengan data arus, pasut dan batimetri

j. *Layouting* Peta

Layouting peta, pada tahapan ini dibuat muka peta sesuai dengan kaidah kartografi

k. Peta Sebaran TSS

Peta sebaran TSS (*Total Suspend Solid*) merupakan hasil yang diperoleh dari penelitian konsentrasi sedimentasi pada lokasi studi dengan menggunakan metode penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat yang di validasi dengan hasil nilai TSS dari data *In Situ* (Budianto 2016).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data

Sumber data untuk mendapatkan nilai TSS di wilayah perairan Teluk Lamong dibagi menjadi 2 jenis sumber data, yakni data citra satelit dan data *in situ* yang diambil langsung di lapangan

4.1.1 Citra Satelit

Dalam penelitian Tugas Akhir ini memerlukan data citra dari 2 satelit, yakni satelit Landsat - 7 dan Landsat - 8. Citra satelit Landsat - 7 yang digunakan adalah citra pada tahun 2002 - 2003 dan citra Landsat - 8 yang digunakan adalah citra pada tahun 2014 - 2018 pada *path* = 118 dan *row* = 65. Citra yang dipilih adalah citra yang diakuisisi antara bulan Januari - April karena paling mendekati waktu pengambilan data *in-situ* yang dilakukan pada tanggal 20 Maret 2018. Citra yang digunakan juga dipilih berdasarkan tutupan awan yang paling sedikit di atas area penelitian (perairan Teluk Lamong). Selain itu pengambilan data citra mengalami kekosongan pada tahun 2004 - 2013 dikarenakan terjadinya kerusakan sensor pada Landsat - 7 yang dimulai pada Mei 2003 (SLC-off) (USGS 2018) dan Landsat - 8 baru mulai beroperasi pada tahun 2013.

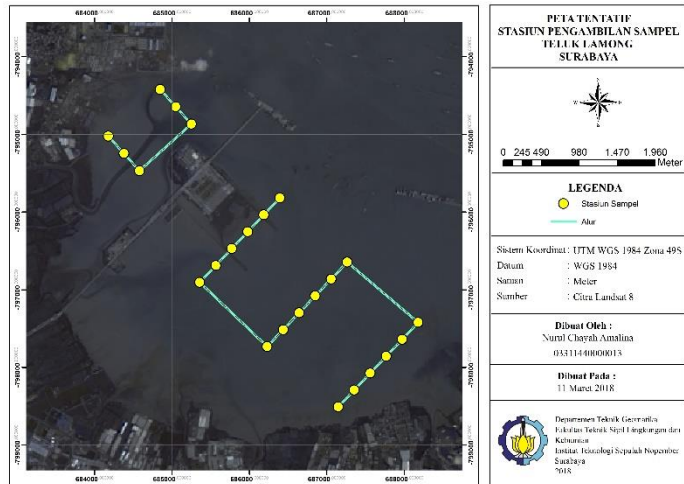
Tabel 4.1 Nama File Citra Landsat-7 dan Landsat-8

No.	Tanggal Akuisisi Citra	Nama File
1	28 Februari 2002	LE07_L1TP_118065_20020228_20170131_01_T1
2	14 Januari 2003	LE07_L1TP_118065_20030114_20170127_01_T1
3	25 Maret 2014	LC08_L1TP_118065_20140325_20170424_01_T1
4	8 Februari 2015	LC08_L1TP_118065_20150208_20170413_01_T1
5	10 Januari 2016	LC08_L1TP_118065_20160110_20170405_01_T1
6	13 Februari 2017	LC08_L1TP_118065_20170213_20170228_01_T1
7	20 Maret 2018	LC08_L1TP_118065_20180320_20180320_01_T1

4.1.2 Data *In Situ*

Perolehan data *in situ* dilakukan dengan merencanakan survei pengambilan datanya. Rencana survei dibuat dengan mempertimbangkan resolusi temporal citra Landsat – 8 yakni setiap 16 hari sekali. Berdasarkan perhitungan dari citra satelit yang terakhir direkam, diperkirakan satelit akan merekam lagi pada tanggal 20 Maret 2018. Dari situ disamakan antara waktu perekaman citra dengan waktu pelaksanaan survei pengambilan data *in – situ*. Pengambilan sampel dilakukan dengan merencanakan lokasi stasiun pengambilan data. Terdapat 24 stasiun pengambilan data yang direncanakan yang terbagi dalam 5 jalur. Tiap stasiun pada jalur berjarak

300 m, sedangkan tiap jalur berjarak 900 m (untuk lokasi pengambilan data di sebelah barat Terminal Teluk Lamong) dan 1200 m (untuk lokasi pengambilan data di sebelah barat Terminal Teluk Lamong).



Gambar 4.1 Lokasi Stasiun Pengambilan Sampel

Pada gambar 4.1 merupakan lokasi stasiun pengambilan sampel air pada perairan Teluk Lamong. Sampel diambil pada kedalaman 50cm dari permukaan laut untuk kemudian dimasukkan ke laboratorium untuk dilakukan ekstraksi TSS dari sampel air. Berikut adalah koordinat pengambilan sampel, waktu akuisisi sampel, hasil ekstraksi TSS dan pembagian kelasnya menurut Permen LH Nomor 01 Tahun 2010.

Tabel 4.2 Lokasi Sebaran Titik Sampel dan Nilai TSS

ID Sampel	Koordinat		Waktu Akuisisi Sampel	Nilai TSS (mg/L)	Kategori
	Lintang	Bujur			
ST-01	-7,200°	112,684°	11:17:00 WIB	96,000	Rendah
ST-02	-7,198°	112,686°	11:24:00 WIB	142,000	Sedang
ST-03	-7,200°	112,684°	11:31:00 WIB	119,000	Sedang
ST-04	-7,203°	112,683°	11:41:00 WIB	114,000	Sedang
ST-05	-7,204°	112,680°	11:47:00 WIB	77,000	Rendah
ST-06	-7,200°	112,684°	11:53:00 WIB	78,000	Rendah
ST-07	-7,198°	112,686°	14:30:00 WIB	60,000	Rendah
ST-08	-7,200°	112,684°	14:27:00 WIB	63,000	Rendah
ST-09	-7,203°	112,683°	14:18:00 WIB	67,000	Rendah
ST-10	-7,204°	112,681°	14:14:00 WIB	68,000	Rendah
ST-11	-7,206°	112,679°	14:03:00 WIB	82,000	Rendah
ST-12	-7,214°	112,687°	13:58:00 WIB	86,000	Rendah
ST-13	-7,212°	112,689°	12:40:00 WIB	53,000	Rendah
ST-14	-7,210°	112,690°	12:45:00 WIB	56,000	Rendah
ST-15	-7,208°	112,692°	12:52:00 WIB	43,000	Rendah

ID Sampel	Koordinat		Waktu Akuisisi Sampel	Nilai TSS (mg/L)	Kategori
	Lintang	Bujur			
ST-16	-7,206°	112,694°	12:57:00 WIB	38,000	Rendah
ST-17	-7,204°	112,696°	13:04:00 WIB	40,000	Rendah
ST-18	-7,211°	112,704°	13:09:00 WIB	70,000	Rendah
ST-19	-7,213°	112,702°	13:20:00 WIB	70,000	Rendah
ST-20	-7,215°	112,700°	13:25:00 WIB	94,000	Rendah
ST-21	-7,217°	112,699°	13:29:00 WIB	78,000	Rendah
ST-22	-7,219°	112,697°	13:35:00 WIB	112,000	Sedang
ST-23	-7,221°	112,694°	13:40:00 WIB	116,000	Sedang
ST-24	-7,181°	112,674°	13:48:00 WIB	86,000	Rendah

4.2 Pemotongan Citra

Pemotongan citra (*Cropping*) bertujuan untuk mengambil area tertentu yang akan diamati (*area of interest*) dalam citra, selain itu juga untuk mempermudah penganalisaan citra dan memperkecil ukuran penyimpanan citra saat citra tersebut diolah. Pemotongan citra dilakukan dengan membuat *Region of Interest* (ROI) berbentuk bujur sangkar sebesar 7,2 km x 7,2 km yang mencakup wilayah perairan Teluk Lamong. Berikut ini adalah tampilan ROI yang dibuat yang telah ditampilkan pada citra yang diakuisisi pada 20 Maret 2018.



Gambar 4.2 *Overlay ROI Pada Citra Satelit*

Kemudian setelah dilakukan pemotongan citra, hasil tampilan citra yang nantinya akan diolah adalah sebagai berikut.



Gambar 4.3 Hasil *Cropping*
Pada Citra Tahun 2002



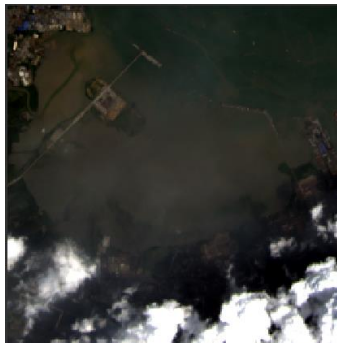
Gambar 4.4 Hasil *Cropping*
Pada Citra Tahun 2003



Gambar 4.5 Hasil *Cropping*
Pada Citra Tahun 2014



Gambar 4.6 Hasil *Cropping*
Pada Citra Tahun 2015



Gambar 4.7 Hasil *Cropping*
Pada Citra Tahun 2016



Gambar 4.8 Hasil *Cropping*
Pada Citra Tahun 2017



Gambar 4.9 Hasil *Cropping* Pada Citra Tahun 2018

4.3 Koreksi Geometrik



Gambar 4.10 Jaring SoF

Keterangan:

Jumlah *baseline*: 11

Jumlah titik : 7

N Ukuran : Jumlah *baseline* x 3 = 33

N Parameter : Jumlah titik x 3 = 21

U : $N_{\text{Ukuran}} - N_{\text{Parameter}}$ = 12

Persamaan:

1. $V_a + B_a = X_1 - X_2$
2. $V_b + B_b = X_1 - X_3$
3. $V_c + B_c = X_2 - X_3$
4. $V_d + B_d = X_2 - X_4$
5. $V_e + B_e = X_4 - X_3$
6. $V_f + B_f = X_4 - X_5$
7. $V_g + B_g = X_4 - X_6$
8. $V_h + B_h = X_4 - X_7$
9. $V_i + B_i = X_5 - X_3$
10. $V_j + B_j = X_5 - X_7$
11. $V_k + B_k = X_6 - X_7$

Sehingga didapatkan persamaan:

1. $V_a = X_1 - X_2 - B_a$
2. $V_b = X_1 - X_3 - B_b$
3. $V_c = X_2 - X_3 - B_c$
4. $V_d = X_2 - X_4 - B_d$
5. $V_e = X_4 - X_3 - B_e$
6. $V_f = X_4 - X_5 - B_f$
7. $V_g = X_4 - X_6 - B_g$
8. $V_h = X_4 - X_7 - B_h$
9. $V_i = X_5 - X_3 - B_i$
10. $V_j = X_5 - X_7 - B_j$
11. $V_k = X_6 - X_7 - B_k$

Sehingga dari persamaan diatas, didapatkan matriks desain (A) sebagai berikut ini:

A =

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0; \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0; \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0; \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0; \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0; \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0; \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0; \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1; \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0; \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1; \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Sehingga hasil perhitungan SoF adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SoF} &= [\text{Trace } (A^T A)^{-1}] / U \\ &= 0,193 \end{aligned}$$

Karena hasil perhitungan SoF sebesar 0,193 yang berarti sesuai ketentuan nilainya ≤ 1 maka desain jaring ini dapat digunakan untuk melakukan koreksi geometrik.

Koreksi geometrik dilakukan dengan metode *image to map* dengan menggunakan peta RBI 1:25.000. Berikut adalah hasil dari koreksi geometrik yang telah dilakukan:

Tabel 4.3 Tabel Hasil Koreksi Geometrik

No	Citra Tahun	RMSE
1	2002	0,308
2	2003	0,363
3	2014	0,406
4	2015	0,261
5	2016	0,401

No	Citra Tahun	RMSE
6	2017	0,241
7	2018	0,232

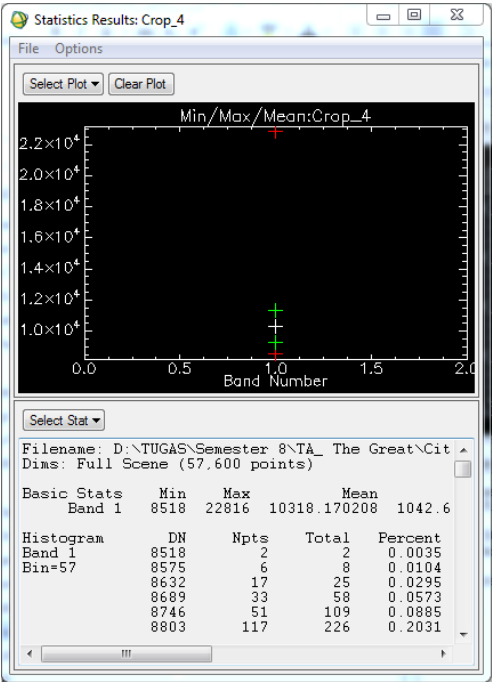
4.4 Koreksi Radiometrik

Koreksi Radiometrik merupakan proses untuk memperbaiki kualitas visual citra, dalam hal memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (USGS, 2018). Koreksi radiometrik terbagi menjadi dua yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer (Sari dkk., 2015)

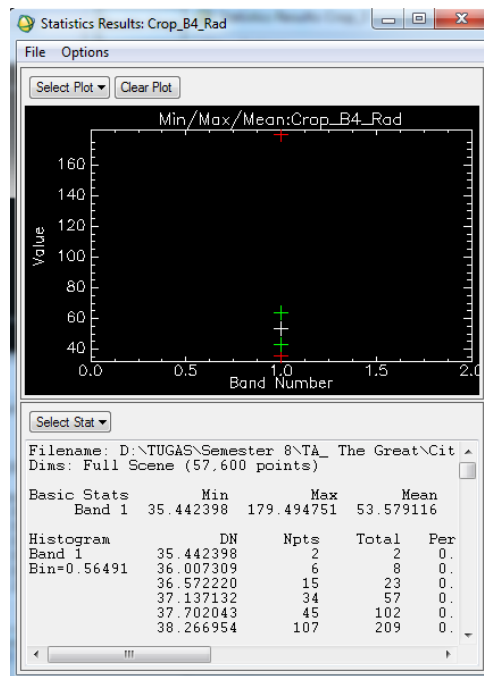
4.4.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik bertujuan mengubah DN ke radian atau reflektan menggunakan parameter yang tersedia di metadata. Pada penelitian ini citra Landsat – 7 dan Landsat – 8 yang masih dalam format DN (*Digital Number*) pertama – tama diubah dalam format radian dengan metode Gain – Offset.

Berikut adalah statistik kanal merah pada citra Landsat – 8 sebelum dan sesudah diubah dalam format radian.



Gambar 4.11 Statistik Kanal Merah Dalam Format DN



Gambar 4.12 Statistik Kanal Merah Dalam Format Radian

4.4.2 Koreksi Atmosfer

Setelah citra berada dalam format radian selanjutnya dilakukan koreksi atmosfer untuk mereduksi gangguan yang ada di atmosfer dengan mengubah radian sensor/ToA (*Top of Atmosphere*) menjadi reflektan permukaan/BoA (*Bottom of Atmosphere*).

Dengan menggunakan metode koreksi atmosfer 6SV, ada beberapa parameter yang harus diisi sesuai dengan kondisi pada saat akuisisi citra. Terdapat 6 parameter meliputi *Geometrical*

Conditions, Atmospheric Model, Target & Sensor Altitude, Spectral Conditions, Ground Reflectance, dan Signal.

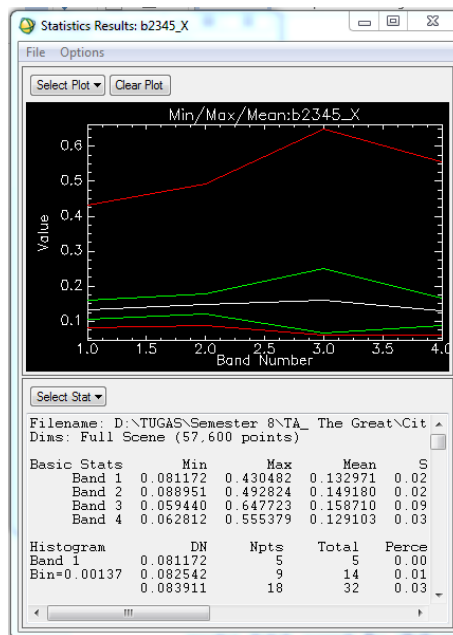
Dari hasil pengolahan parameter – parameter tersebut diperoleh nilai x_a , x_b , dan x_c yang nantinya akan dipakai untuk melakukan koreksi atmosfer pada citra. Berikut adalah hasil pengolahan parameter – parameter pada metode 6SV

Tabel 4.4 Parameter Hasil Koreksi Atmosferik Citra Landsat

Kanal		Parameter		
		x_a	x_b	x_c
2002	Biru	0,00346	0,14687	0,20883
	Hijau	0,00358	0,09185	0,16692
	Merah	0,00396	0,05954	0,13719
	NIR	0,00577	0,04046	0,11363
2003	Biru	0,00346	0,15263	0,21369
	Hijau	0,00358	0,09640	0,17222
	Merah	0,00395	0,06336	0,14280
	NIR	0,00575	0,04355	0,11915
2014	Biru	0,00324	0,14397	0,21105
	Hijau	0,00337	0,08758	0,16651
	Merah	0,00366	0,05877	0,13886
	NIR	0,00532	0,03667	0,11125
2015	Biru	0,00328	0,15015	0,21450
	Hijau	0,00340	0,09203	0,17030
	Merah	0,00369	0,06235	0,14286
	NIR	0,00536	0,03921	0,11521
2016	Biru	0,00321	0,15025	0,21599
	Hijau	0,00334	0,09236	0,17194
	Merah	0,00362	0,06280	0,14459
	NIR	0,00527	0,03981	0,11693
2017	Biru	0,00350	0,18720	0,24264
	Hijau	0,00363	0,12135	0,20107

Kanal		Parameter		
		x _a	x _b	x _c
2018	Merah	0,00393	0,08798	0,17550
	NIR	0,00569	0,05911	0,14682
	Biru	0,00336	0,16150	0,22558
	Hijau	0,00348	0,10126	0,18243
	Merah	0,00378	0,07054	0,15570
	NIR	0,00548	0,04576	0,12760

Nilai – nilai parameter ini dihasilkan dari pengolahan parameter kondisi atmosfer pada saat akuisisi citra. Parameter x_a , x_b , dan x_c ini kemudian digunakan sebagai konstanta dalam algoritma untuk melakukan koreksi atmosfer pada tiap kanal pada citra. Berikut adalah hasil koreksi atmosfer pada citra tahun 2018.



Gambar 4.13 Statistik Kanal Setelah Koreksi Atmosfer

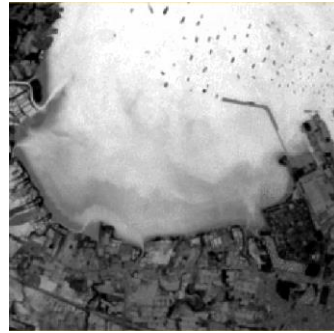
Setelah didapatkan nilai reflektan dari metode 6SV kemudian nilai reflektan ini diubah dibagi dengan π untuk mendapatkan nilai $Rrs(\lambda)$ atau *Reflectance Remote Sensing* (Sari *et al.*, 2015)

4.5 Pemisahan Daratan dan Lautan (*Masking*)

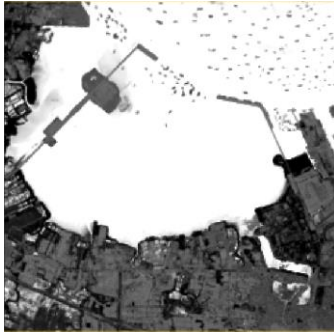
Masking adalah tahap untuk memisahkan area daratan dan perairan dengan memblock nilai *digital number* (DN) area daratan dengan nilai 0. Pada proses *masking* ini menggunakan metode NDWI (*Normalized Difference Water Index*) untuk memisahkan daratan dan perairan (Gao, 1996 dalam Bobsaid dan Jaelani, 2017).



Gambar 4.14 Hasil NDWI
Pada Citra Tahun 2002



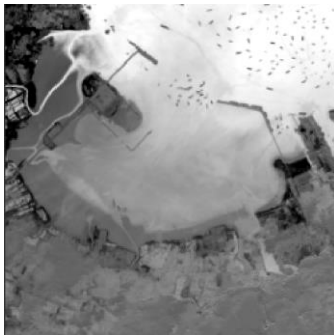
Gambar 4.15 Hasil NDWI
Pada Citra Tahun 2003



Gambar 4.16 Hasil NDWI
Pada Citra Tahun 2014



Gambar 4.17 Hasil NDWI
Pada Citra Tahun 2015



Gambar 4.18 Hasil NDWI
Pada Citra Tahun 2016



Gambar 4.19 Hasil NDWI
Pada Citra Tahun 2017



Gambar 4.20 Hasil NDWI Pada Citra Tahun 2018

Dari gambar di atas bisa dilihat bahwa area daratan cenderung berwarna abu – abu gelap dan area perairan cenderung berwarna putih. Rentang NDWI berkisar antara -1 sampai dengan 1. Area daratan cenderung memiliki nilai ≤ 0 dan perairan bernilai >0 . Oleh karena itu untuk memblock wilayah daratan, nilai pixel yang bernilai ≤ 0 akan dianggap bernilai 0 dengan memasukkan algoritma tertentu sehingga area daratan akan ditampilkan dalam warna hitam.

4.6 Ekstraksi Nilai TSS dari Data Citra Satelit dan Data In Situ

Dilakukan pengolahan citra satelit Landsat – 8 yang diakuisisi pada tanggal 20 Maret 2018. Pengolahan bertujuan untuk dapat mengekstrak nilai TSS pada 24 titik stasiun pengambilan data di lapangan. Ekstraksi nilai TSS dari citra satelit dilakukan dengan menggunakan 3 algoritma yang telah ditentukan sebelumnya, yakni Algoritma Parwati (2006), Algoritma Syarif Budiman (2004), serta Algoritma Guzman & Santaella (2009). Sedangkan pengolahan TSS dari sampel air laut yang diambil dilapangan dilakukan

dengan metode gravimetri. Dari hasil pengolahan tersebut didapatkan nilai TSS citra satelit dan data *in situ* sebagai berikut :

Tabel 4.5 Tabel Hasil Pengolahan TSS Pada Tahun 2018

ID sampel	Nilai TSS (mg/L)				
	In Situ	Alg. Parwati	Alg. Budiman	Alg. Guzman	Alg. Laili
ST-01	96,000	667,613	24,534	7,633	1,181
ST-02	142,000	290,989	20,642	6,245	0,839
ST-03	119,000	667,613	24,534	7,633	1,181
ST-04	114,000	483,232	22,939	7,031	1,181
ST-05	77,000	525,737	23,345	7,180	1,174
ST-06	78,000	380,737	21,830	6,640	1,007
ST-07	60,000	134,345	17,577	5,343	0,868
ST-08	63,000	198,600	19,066	5,760	0,700
ST-09	67,000	276,148	20,419	6,174	0,898
ST-10	68,000	386,939	21,903	6,665	1,048
ST-11	82,000	352,487	21,482	6,522	0,906
ST-12	86,000	340,844	21,333	6,472	0,914
ST-13	53,000	247,131	19,953	6,028	0,888
ST-14	56,000	202,361	19,140	5,782	0,839
ST-15	43,000	85,747	16,010	4,945	0,562
ST-16	38,000	58,268	14,774	4,660	0,351
ST-17	40,000	52,724	14,470	4,594	0,103
ST-18	70,000	173,713	18,542	5,609	0,649
ST-19	70,000	1202,176	27,727	8,977	0,537
ST-20	94,000	347,697	21,421	6,501	1,146
ST-21	78,000	297,960	20,744	6,278	1,257
ST-22	112,000	305,476	20,852	6,313	0,756

ID sampel	Nilai TSS (mg/L)				
	In Situ	Alg. Parwati	Alg. Budiman	Alg. Guzman	Alg. Laili
ST-23	116,000	543,623	23,508	7,240	1,341
ST-24	86,000	539,596	23,472	7,227	1,289

4.7 Uji Validasi Ekstraksi Nilai TSS dari Data In Situ dan Data Citra Satelit

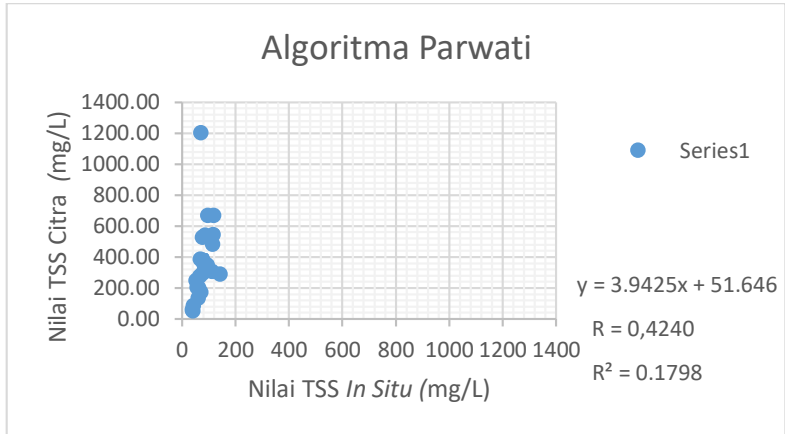
Pada penelitian ini digunakan 2 jenis sumber data untuk mengetahui nilai TSS pada perairan Teluk Lamong yakni dari citra satelit dan pengambilan sampel air secara langsung di lapangan. Citra satelit yang digunakan adalah citra satelit Landsat – 8 yang diakuisisi pada hari yang sama dengan hari pengambilan sampel air di lapangan yakni pada tanggal 20 Maret 2018. Data *in situ* digunakan untuk memvalidasi data citra satelit untuk mengetahui algoritma mana yang menghasilkan nilai TSS dengan korelasi paling baik terhadap hasil TSS yang diperoleh dari sampel air yang di ambil secara langsung di lapangan.

Uji validasi dilakukan dengan melihat besarnya nilai koefisien korelasi (r) yang dihasilkan dari data hasil pengolahan citra satelit dan data *in situ*. Berikut adalah hasil uji validasi dari 3 algoritma yang digunakan dengan data *in situ* :

1. Algoritma Parwati (2006)

Pada uji validasi hasil ekstraksi nilai TSS dari citra Landsat – 8 pada tahun 2018 dengan menerapkan Algoritma Parwati terhadap nilai TSS *in situ* diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,424 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 17%. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara hasil ekstraksi nilai TSS dari citra menggunakan Algoritma Parwati

terhadap nilai TSS *in situ* termasuk dalam kategori sedang (Sugiyono 2008). Hasil perhitungan RMS Error antara nilai TSS dari citra dengan menerapkan Algoritma Parwati terhadap nilai TSS *in situ* yakni sebesar 363,685 mg/L. Representasi hasil uji validasi data di atas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

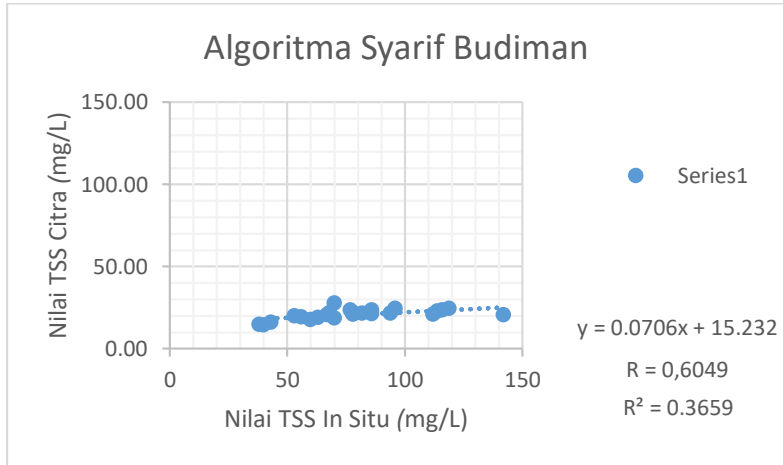


Gambar 4.21 Korelasi TSS In Situ dan TSS Alg. Parwati

2. Algoritma Syarif Budiman (2004)

Pada uji validasi hasil ekstraksi nilai TSS dari citra Landsat – 8 pada tahun 2018 dengan menerapkan Algoritma Parwati terhadap nilai TSS *in situ* diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,605 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 36%. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara hasil ekstraksi nilai TSS dari citra menggunakan Algoritma Syarif Budiman terhadap nilai TSS *in situ* termasuk dalam kategori kuat (Sugiyono 2008). Hasil perhitungan RMS Error antara nilai TSS dari citra dengan menerapkan Algoritma Syarif Budiman terhadap nilai

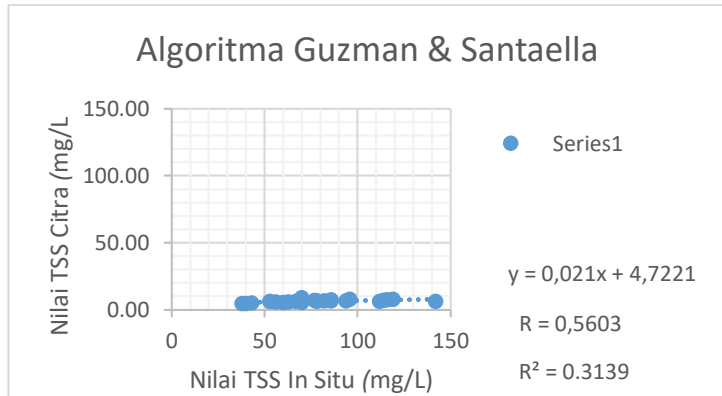
TSS *in situ* yakni sebesar 63,599 mg/L Representasi hasil uji validasi data di atas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.22 Korelasi TSS In Situ dan TSS Alg. Budiman

3. Algoritma Guzman & Santaella (2009)

Pada uji validasi hasil ekstraksi nilai TSS dari citra Landsat – 8 pada tahun 2018 dengan menerapkan Algoritma Parwati terhadap nilai TSS *in situ* diperoleh nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,560 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 31%. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara hasil ekstraksi nilai TSS dari citra menggunakan Algoritma Guzman & Santaella terhadap nilai TSS *in situ* termasuk dalam kategori sedang (Sugiyono 2008). Hasil perhitungan RMS Error antara nilai TSS dari citra dengan menerapkan Algoritma Guzman & Santaella terhadap nilai TSS *in situ* yakni sebesar 89,611 mg/L. Representasi hasil uji validasi data di atas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

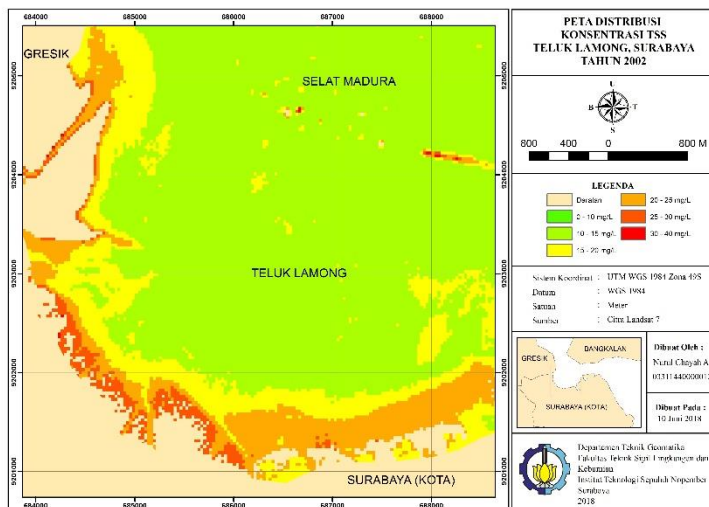


Gambar 4.23 Korelasi TSS In Situ dan TSS Alg. Guzman &

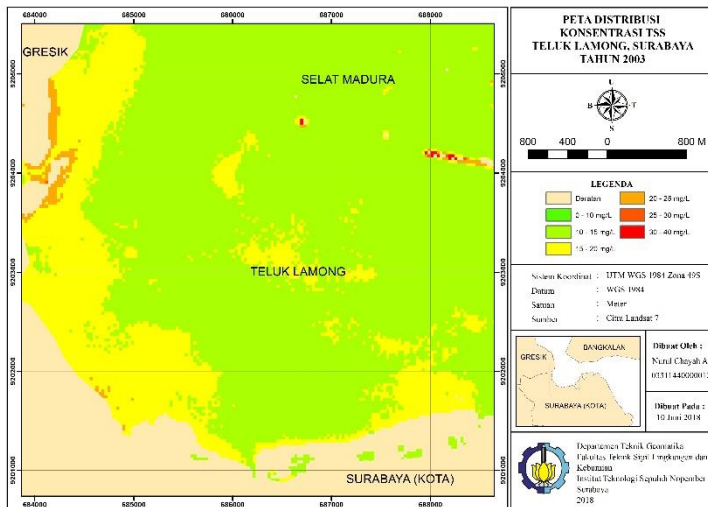
Dari hasil uji validasi yang telah dilakukan diperoleh algoritma dengan nilai korelasi yang paling besar dari 3 algoritma yang telah ditentukan, yakni Algoritma Budiman (2004) dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,605 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 36% yang menunjukkan bahwa korelasi antara hasil ekstraksi nilai TSS dari citra menggunakan Algoritma Syarif Budiman terhadap nilai TSS *in situ* termasuk dalam kategori kuat ($r \geq 0,6$) (Sugiyono 2008). Meskipun begitu, rentang nilai antara data *in situ* dengan nilai dari ekstraksi ke – 3 algoritma sangat jauh yang mengakibatkan nilai *RMS Error*-nya juga sangat besar. Hal ini dimungkinkan disebabkan oleh sifat area perairan yang satu dengan perairan yang lain pasti memiliki perbedaan sehingga model matematis dari algoritma yang digunakan juga pasti berbeda.

4.8 Hasil Pengolahan Citra Satelit Landsat Multitemporal

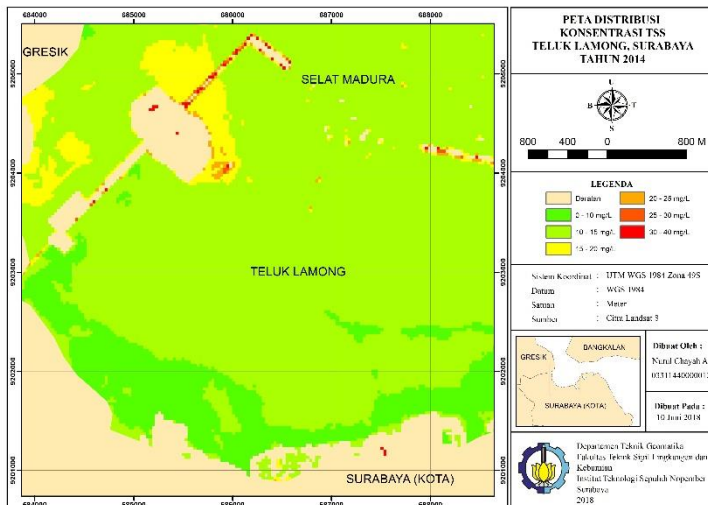
Pengolahan citra satelit multitemporal dilakukan dengan menggunakan Algoritma Syarif Budiman yang berdasarkan hasil uji validasi memiliki nilai koefisien korelasi yang paling besar. Citra satelit yang diolah adalah citra satelit tahun 2002 sampai dengan 2003 (berupa citra satelit Landsat – 7) dan citra satelit tahun 2014 sampai dengan 2018 (berupa citra satelit Landsat – 8).



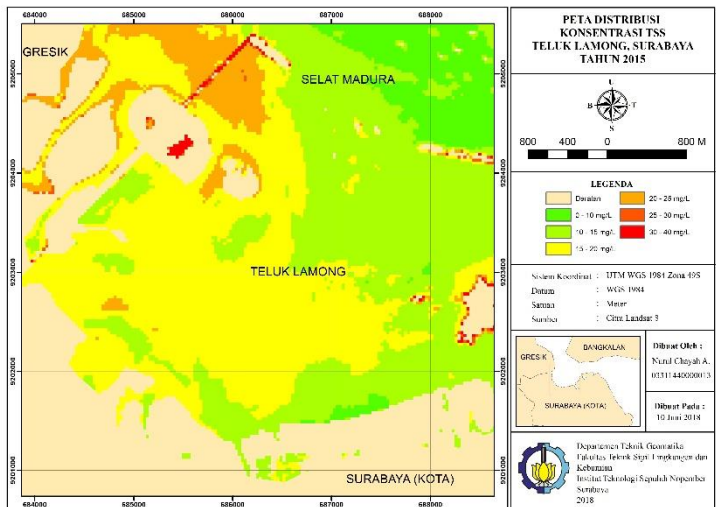
Gambar 4.24 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2002



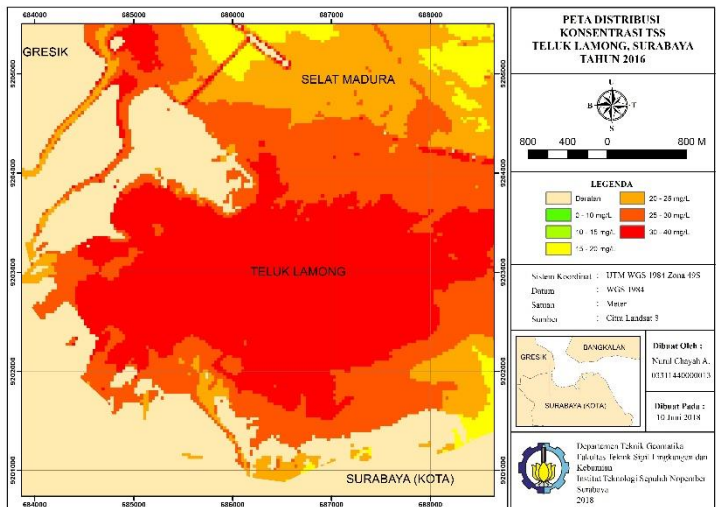
Gambar 4.25 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2003



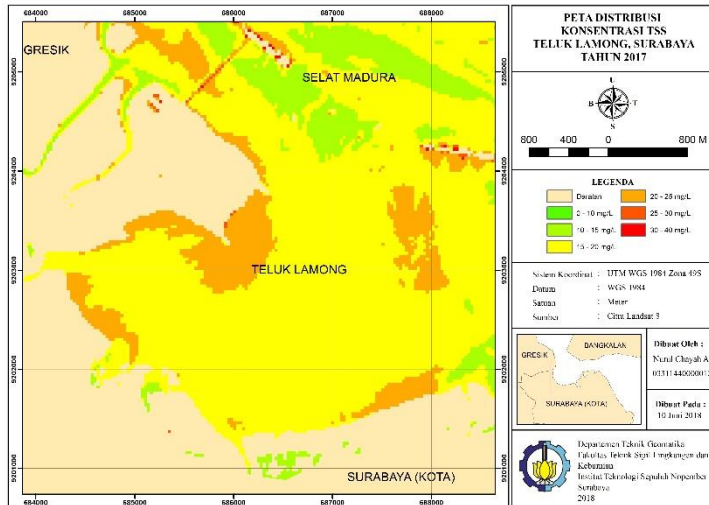
Gambar 4.26 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2014



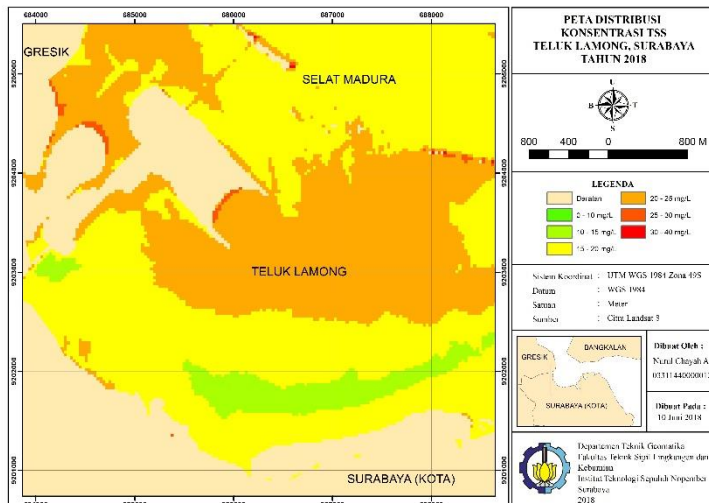
Gambar 4.27 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2015



Gambar 4.28 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2016



Gambar 4.29 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2017



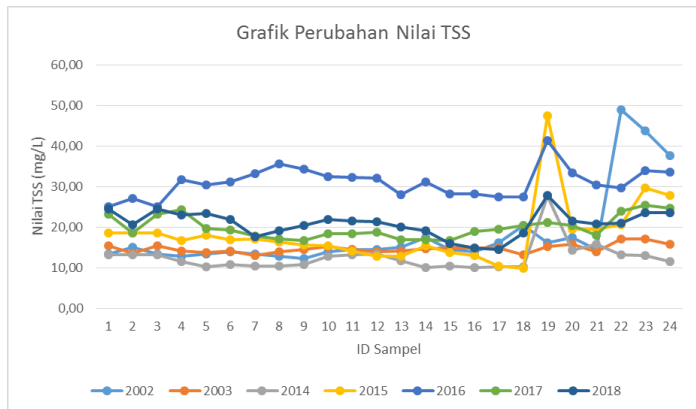
Gambar 4.30 Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2018

Tabel 4.6 Hasil Pengolahan TSS Dari Citra Multitemporal

ID sampel	Nilai TSS Citra (mg/L)						
	2002	2003	2014	2015	2016	2017	2018
ST-01	13,320	15,424	13,179	18,522	25,051	23,177	24,534
ST-02	14,972	13,460	13,175	18,555	27,086	18,509	20,642
ST-03	13,320	15,424	13,179	18,522	25,051	23,177	24,534
ST-04	12,809	14,167	11,556	16,654	31,746	24,361	22,939
ST-05	13,320	13,692	10,272	18,018	30,359	19,684	23,345
ST-06	13,850	14,167	10,802	16,881	31,186	19,343	21,830
ST-07	13,320	13,008	10,336	17,094	33,169	17,865	17,577
ST-08	12,809	13,927	10,312	16,382	35,600	16,974	19,066
ST-09	12,318	14,410	10,722	15,539	34,325	16,668	20,419
ST-10	13,850	15,164	12,862	15,413	32,373	18,317	21,903
ST-11	14,400	14,410	13,236	14,157	32,324	18,397	21,482
ST-12	14,400	13,927	13,410	12,826	32,106	18,795	21,333
ST-13	14,972	14,167	11,712	12,782	27,975	16,816	19,953
ST-14	17,485	14,657	9,981	15,381	31,100	16,904	19,140
ST-15	14,400	14,908	10,419	13,685	28,081	16,769	16,010
ST-16	13,850	14,908	10,109	13,055	28,244	18,981	14,774
ST-17	16,181	14,908	10,177	10,406	27,465	19,513	14,470
ST-18	20,405	13,233	10,166	9,803	27,513	20,351	18,542
ST-19	16,181	15,164	27,652	47,356	41,258	21,149	27,727
ST-20	17,485	15,687	14,360	19,383	33,377	20,340	21,421
ST-21	14,400	13,927	15,782	19,479	30,413	18,072	20,744
ST-22	48,856	17,073	13,206	20,584	29,643	23,981	20,852
ST-23	43,659	17,073	12,892	29,713	33,831	25,478	23,508
ST-24	37,554	15,687	11,583	27,713	33,586	24,572	23,472

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa dinamika perubahan nilai TSS yang diperoleh dari citra satelit tidak selalu naik dan sifatnya fluktuatif. Pada tahun 2002, 2003,

dan 2004 mayoritas nilai TSS pada tiap stasiun pengambilan data berada pada rentang 13 – 17 mg/L meskipun ada sebagian kecil data yang berada di atas ataupun di bawah rentang nilai tersebut. Kemudian pada tahun 2015 – 2018 terjadi kenaikan konsentrasi TSS hampir di semua stasiun pengambilan data. Nilai konsentrasi TSS yang paling tinggi secara umum ada pada citra tahun 2016 yang memiliki rentang TSS antara 25 – 41 mg/L. Representasi perubahan nilai TSS pada tiap titik pengambilan data di perairan Teluk Lamong dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 4.31 Grafik Perubahan Nilai TSS dari Citra Satelit

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa data pada tahun 2016 memiliki hasil yang paling berbeda dengan tahun-tahun yang lainnya. Hal ini dimungkinkan terjadi karena gangguan atmosfer berupa adanya kabut dan awan yang terjadi pada saat akuisisi citra menyebabkan kondisi perairan pada citra yang diakuisisi terlihat lebih keruh sehingga ketika diolah nilai TSS-nya menjadi lebih besar.

4.9 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Pasut, Arus Pasut dan Batimetri

Untuk mempelajari masalah nilai TSS dan sebaran TSS data penunjang seperti pasang surut air laut, arus pasang surut dan data batimetri.

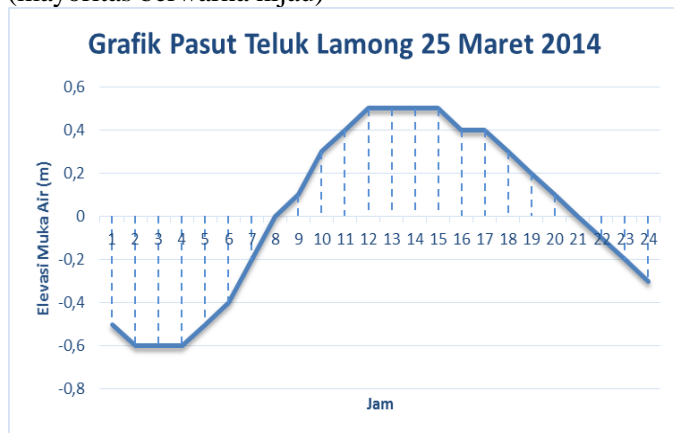
4.9.1 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Pasang Surut

Data pasang surut diambil dari stasiun pengamatan pasut Tanjung Perak- Surabaya. Nilai TSS cenderung naik apabila terjadi pasang, Hal ini dikarenakan saat surut, kondisi air cenderung tenang sehingga material sedimen cenderung mengendap dan air menjadi lebih jernih. Sebaliknya saat terjadi pasang bisanya disertai dengan arus dan gelombang yang besar, sehingga hal ini akan mengaduk material sedimen yang ada di dasar sehingga menjadi tercampur dengan air dan air menjadi keruh. Hal ini mengakibatkan nilai TSS meningkat (Krisna dan Cahyono 2011). Kemudian untuk mengaitkannya dengan hasil TSS dari citra satelit tiap tahunnya diperlukan data pasang – surut muka air laut pada perairan Teluk Lamong. Berikut adalah grafik pasang – surut perairan Teluk Lamong pada saat perekaman citra.



Gambar 4.32 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2003

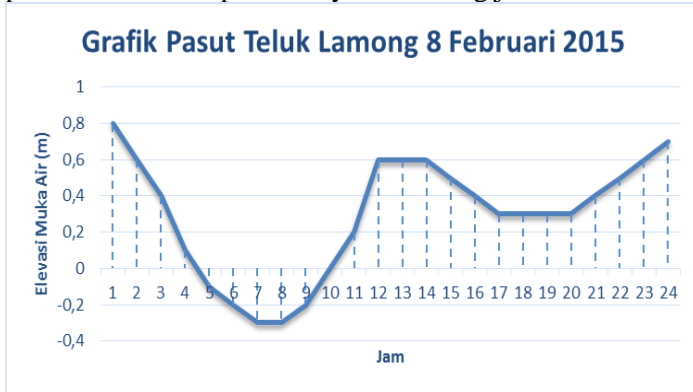
Pada tahun 2003 masih berada di awal titik balik menuju ke pasang sehingga konsentrasi TSS cenderung rendah (mayoritas berwarna hijau)



Gambar 4.33 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2014

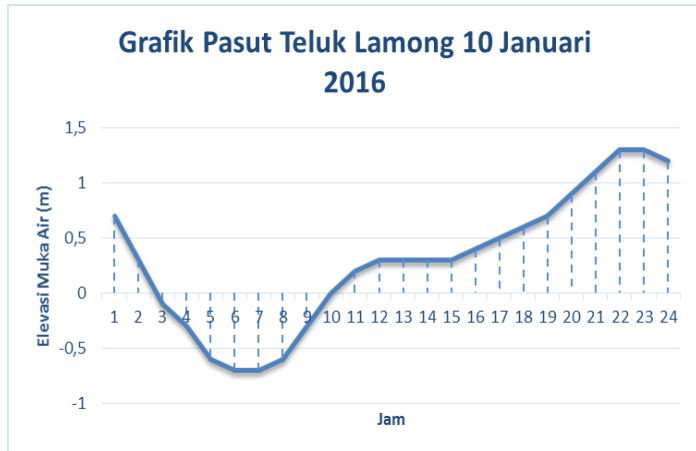
Pada tahun 2014 berada di pertengahan menuju pasang tertinggi pada hari itu dan konsentrasi TSS masih

cenderung rendah (mayoritas berwarna hijau) hal ini dimungkinkan material sedimen tersuspensi tidak terlalu banyak yang terkandung dalam air dan juga tingkat elevasi air yang semakin tinggi akibat pasang sehingga pada citra kondisi perairannya cenderung jernih.



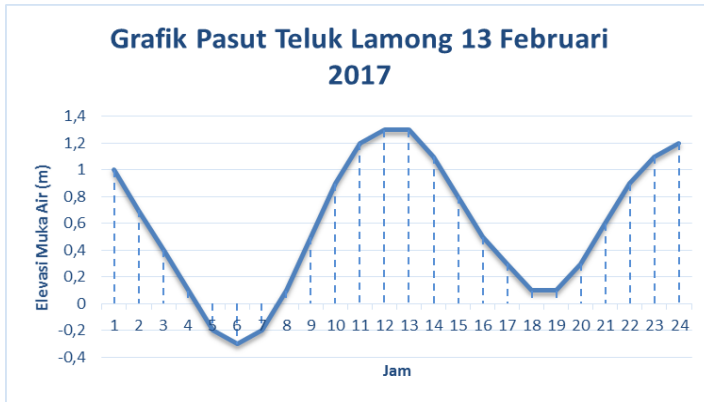
Gambar 4.34 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2015

Pada tahun 2015 berada di pertengahan menuju ke pasang sehingga konsentrasi TSS agak tinggi (dominasi warna kuning di tepi Teluk Lamong dan warna hijau di perairan dekat Selat Madura)



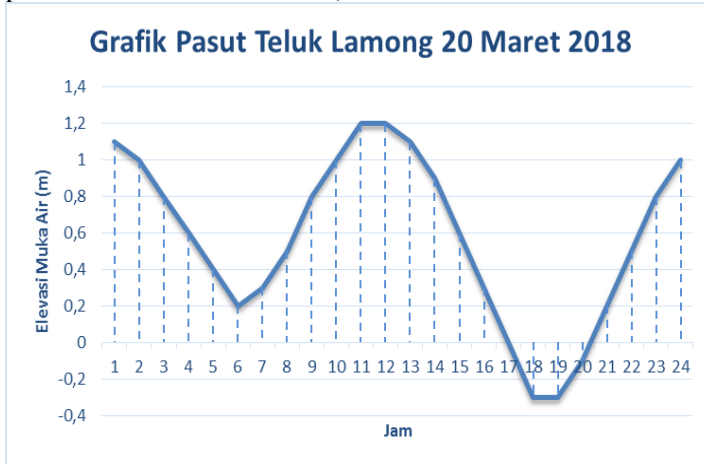
Gambar 4.35 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2016

Pada tahun 2016 berada di pertengahan menuju ke pasang dan konsentrasi TSS tinggi (dominasi warna merah dan oranye di sekitar Teluk Lamong dan warna coklat dan kuning di perairan dekat Selat Madura) yang kemungkinan dikarenakan kondisi atmosfer yang jelek (banyak awan dan kabut tipis) saat akuisisi citra sehingga warna perairan pada citra menjadi gelap dan keruh.



Gambar 4.36 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2017

Pada tahun 2017 berada di pertengahan menuju ke pasang sehingga konsentrasi TSS agak tinggi (dominasi warna kuning di tepi Teluk Lamong dan sedikit warna hijau di perairan dekat Selat Madura)



Gambar 4.37 Grafik Pasut Teluk Lamong Tahun 2018

Pada tahun 2018 berada di pertengahan menuju ke pasang sehingga konseentrasi TSS agak tinggi (dominasi warna kuning di area Teluk Lamong dan perairan dekat Selat Madura, warna oranye di sekitar Terminal Teluk Lamong dan sedikit warna hijau didekat tepi Teluk Lamong)

Dan berikut adalah tabel waktu akuisisi citra beserta perkiraan rentang nilai elevasi muka air laut yang terjadi saat itu.

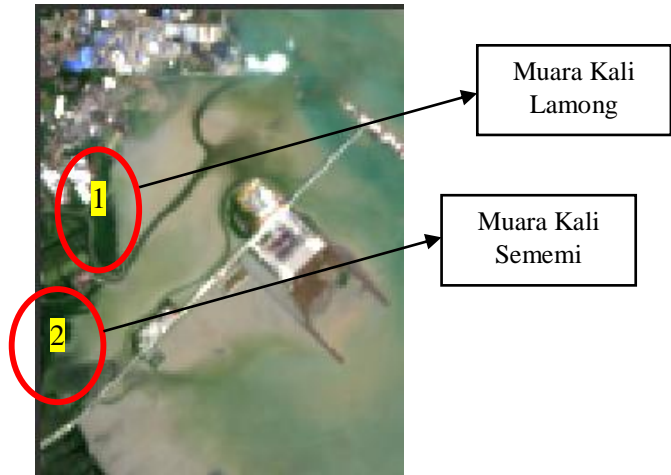
Tabel 4.7 Waktu Akuisisi Citra & Nilai Elevasi Muka Air

Tanggal Akuisisi	Jam	Pasut (m)
28 Februari 2002	09:24:43	-
14 Januari 2003	09:24:10	0,600 - 0,800
25 Maret 2014	09:36:04	0,100 - 0,300
8 Februari 2015	09:35:39	-0,200 – 0
10 Januari 2016	09:35:50	-0,300 – 0
13 Februari 2017	09:35:42	0,500 - 0,900
20 Maret 2018	09:35:17	0,800 – 1,000

Dilihat dari grafik pasut di atas kondisi elevasi perairan di Teluk Lamong pada semua tahun saat citra di akuisisi berada pada awal dan pertengahan titik balik dari surut menuju ke pasang sehingga elevasi airnya cenderung dangkal.

Nilai TSS di sekitar muara Kali Lamong dan muara Kali Sememi (lokasi stasiun ST-19 sampai dengan ST – 24) pada citra tahun 2002 dan 2015 sampai dengan 2018 yang terbaca pada citra

cenderung terjadi lonjakan nilai yang tinggi dan saat ditampilkan dengan NDWI citra, area tersebut terdeteksi sebagai daratan.



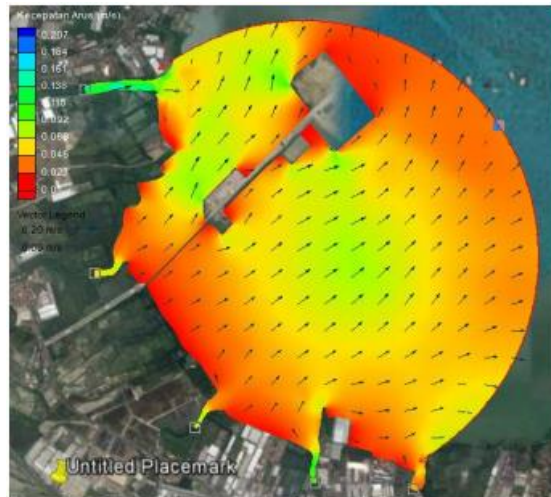
Gambar 4.38 Lokasi Muara Kali Lamong dan Kali Sememi

Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses sedimentasi yang besar yang biasanya terjadi di muara sungai dan akuisisi citra bersamaan pada saat awal titik balik menuju pasang.

4.9.2 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Arus

Data pola arus didapatkan dari hasil pemodelan oleh PT Terminal Teluk Lamong. Dari gambar di bawah dapat dilihat bahwa pada saat surut, arus bergerak dari muara sungai yang ada di Teluk Lamong menuju Selat Madura. Sedangkan pada saat pasang, arus bergerak dari

Selat Madura menuju ke Teluk Lamong dan masuk ke sungai yang bermuara di Teluk Lamong



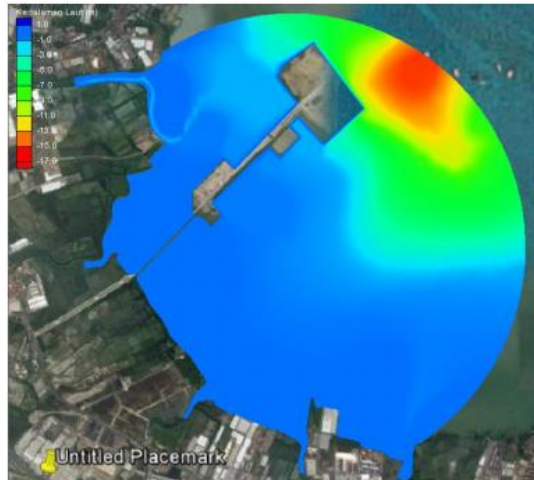
Gambar 4.39 Pola Arus Teluk Lamong Saat Surut (Sumber : SUCOFINDO 2017)



Gambar 4.40 Pola Arus Teluk Lamong Saat Pasang
(Sumber : SUCOFINDO 2017)

Pola arus yang terjadi di suatu wilayah perairan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pola pergerakan sedimen atau sedimentasi (SUCOFINDO 2017). Hal ini disebabkan karena arus bergerak dengan membawa partikel – partikel sedimentasi yang terdapat dalam air. Bisa dilihat nilai TSS di area sekitar Terminal Teluk Lamong pada citra tahun 2014 – 2018 cenderung lebih besar karena arah arus baik yang pada saat pasang maupun surut bergerak mengikuti bentuk bangunan tersebut Terminal Teluk Lamong.

- 4.9.3 Analisa Konsentrasi TSS Dengan Batimetri
Data kedalaman area perairan Teluk Lamong ini di dapat dari hasil survei batimetri yang dilakukan oleh PT Terminal Teluk Lamong pada tahun 2017.



Gambar 4.41 Kedalaman Di Perairan Teluk Lamong
(Sumber : SUCOFINDO 2017)

Dilihat dari gambar di atas area yang lebih dangkal diwakili dengan warna biru tua yang paling dalam diwakili dengan warna merah. Area di sekitar wilayah perairan Teluk Lamong cukup dangkal dan semakin dalam menuju wilayah Selat Madura. Jika dianalisa dengan nilai TSS yang diambil dari citra tahun 2017, maka area di wilayah perairan Teluk Lamong yang notabene lebih dangkal dari Selat Madura memiliki konsentrasi TSS yang lebih tinggi dari konsentrasi TSS yang berada dekat dengan wilayah perairan Selat Madura. Hal ini

menunjukkan bahwa di area dengan TSS yang tinggi cenderung memiliki kedalaman yang dangkal dikarenakan terjadinya proses sedimentasi yang besar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil ekstraksi nilai TSS dari citra satelit dengan 3 algoritma yang telah ditentukan sangat jauh rentangnya jika dibandingkan dengan nilai TSS yaang didapatkan dari pengolahan sampel air yang diambil langsung di lapangan. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai TSS untuk perairan Teluk Lamong yang diperoleh dari penerapan 3 algoritma pada citra satelit tidak cukup representatif untuk menyatakan konsentrasi TSS di lapangan. Hal ini dimungkinkan disebabkan oleh sifat perairan yang tidak sama, sehingga model matematis dari algoritma yang digunakan juga pasti berbeda.
- b. Dari ketiga algoritma yang digunakan, Algoritma Syarif Budiman menunjukkan korelasi yang paling baik terhadap nilai TSS *in situ* dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,605 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 36% (Sugiyono 2008)
- c. Dinamika perubahan nilai TSS yang diperoleh dari citra satelit tidak selalu naik dan sifatnya fluktuatif. Nilai konsentrasi TSS yang paling tinggi secara umum dan memiliki hasil yang paling berbeda dengan tahun – tahun yang lainnya ada pada citra tahun 2016. Hal ini dimungkinkan terjadi karena gangguan atmosfer berupa adanya kabut dan awan yang terjadi pada saat akuisisi citra menyebabkan kondisi perairan pada citra yang diakuisisi terlihat lebih keruh sehingga ketika diolah nilai TSS-nya menjadi lebih besar.
- d. Dari data pasut menunjukkan kondisi elevasi perairan di Teluk Lamong pada semua tahun saat citra di akuisisi berada pada awal dan pertengahan titik balik dari surut

menuju ke pasang sehingga konsentrasi TSS naik karena saat terjadi pasang biasanya disertai material sedimen teraduk oleh arus dan gelombang yang besar sehingga menjadi tercampur dengan air dan air menjadi keruh. Nilai TSS di area sekitar Terminal Teluk Lamong pada citra tahun 2014 – 2018 cenderung lebih besar karena arah arus pada saat pasang maupun surut bergerak mengikuti bentuk bangunan tersebut Terminal Teluk Lamong. Area di wilayah perairan Teluk Lamong yang lebih dangkal dari Selat Madura memiliki konsentrasi TSS yang lebih tinggi yang menunjukkan bahwa di area dengan TSS yang tinggi cenderung memiliki kedalaman yang dangkal dikarenakan terjadinya proses sedimentasi yang besar.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diterapkan untuk penelitian selanjutnya :

- a. Diperlukan kajian yang lebih mendalam untuk mendapatkan algoritma yang lebih sesuai dengan lokasi, metode dan data yang digunakan guna memperoleh nilai TSS citra yang dapat mewakili nilai TSS di lapangan.
- b. Agar pada proses *masking* tidak hanya menggunakan algoritma pemisah darat dan laut tetapi juga untuk *masking* awan agar tidak terbaca sebagai daratan.
- c. Agar *masking* wilayah darat dan air tidak hanya dilakukan dengan algoritma NDWI karena ada area perairan yang terdeteksi sebagai daratan karena warna airnya keruh sekali akibat sedimentasinya yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2002. Survei dengan GPS. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Alwafi, P., Arief, R., Pudyono, Agus, S., Devia, P.Y. & F., D.R.N. 2013. Studi Dampak Rencana Reklamasi Di Teluk Lamong Propinsi Jawa Timur Terhadap Pola Arus Pasang Surut Dan Angkutan Sedimen. 7(2): 108–117.
- Badan Standardisasi Nasional 2004. SNI 06-6989.3-2004 Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri.
- Bakar, A. 2013. Landsat 8 (Landsat Data Continuity Mission) _ CitraSatelit.
- Baktiar, A.H., Wijaya, A.P. & Sukmono, A. 2016. Analisis Kesuburan Dan Pencemaran Air. Jurnal Geodesi Undip, 5(4): 263–276.
- Bobsaid, M.W. & Jaelani, L.M. 2017. Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus : Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura). Jurnal Teknik, 6(2): 6–11.
- Budhiman, S. 2004. Mapping TSM Concretations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia. MSc. Thesis. ITC. Enschede, The Netherlands, .
- Budianto, S. 2016. Analisis Perubahan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Multitemporal. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tersedia di <http://repository.its.ac.id/1894/>.
- Chander, G., Markham, B.L. & Helder, D.L. 2009. Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat

MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. Remote Sensing of Environment, 1: 1–24.

Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P. & Sitepu, M.J. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Bogor: Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Fadhliannoor 2015. Pemetaan Distribusi Nilai Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Algoritma Syarif Budhiman Di Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

Guzmán, V.R. & Santaella, F.G. 2009. Using MODIS 250 m Imagery to Estimate Total Suspended Sediment in a Tropical Open Bay. International Journal of Systems Application, Engineering & Development, 3(1): 36–44.

Hamza, E.H. & Eltohamy, F. 2009. Effect of Ground Control points Location and Distribution on Geometric Correction Accuracy of Remote Sensing Satellite Images. AEROSPACE SCIENCES & AVIATION TECHNOLOGY. Cairo: Military Technical College, hal.1–14.

Indonesia, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. Peta Infrastruktur Kabupaten Gresik.

Jhonnerie, R. 2010. Kondisi Pantai Dan Perubahan Garis Pantai Pulau Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. Pekanbaru.

Khomsin 2009. Prediksi Laju Sedimentasi Di Teluk Lamong Dengan Data Citra Satelit Multitemporal. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Krisananda, H.R. & Hariyanto, T. 2017. Pemantauan Perairan Teluk Lamong Dengan Pengembangan Algoritma Total Suspended Solid (TSS) dari Data Citra Satelit Multitemporal dan Data Insitu.
- Krisna, T.C. & Cahyono, A.B. 2011. Analisa Sebaran TSS (Total Suspended Solid) Dengan Menggunakan Citra Satelit AQUA MODIS Tahun 2005 - 2011 (Studi Kasus : Pesisir Pantai Surabaya-Sidoarjo). GEOID, 8(1): 29–38.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. 1994. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Muchsin, F., Fibriawati, L. & Pradhono, K.A. 2017. Model Koreksi Atmosfer Citra LANDSAT - 7 (Atmospheric Correction Models of LANDSAT - 7 Imagery). Jurnal Penginderaan Jauh, 14(2): 101–110.
- Nirwansyah, A.W. 2017. Dasar Sistem Informasi Geografi dan Aplikasinya Menggunakan ARCGIS 9.3. Yogyakarta: Deepublish.
- Nontji, A. 2005. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Nurkhayati, R. & Khakhim, N. 2013. Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Quickbird di Perairan Taman Nasional Karimun Jawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Jurnal Bumi Indonesia, 2(2): 140–148.
- Pariwono, J.I. 1998. Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung. Jakarta.
- Parwati, E. & Purwanto, D. 2014. Analisis Algoritma Ekstraksi Informasi Tss Menggunakan Data Landsat 8 Di Perairan Berau. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, 518–528.
- Parwati, E., Tatik, K., Sri, H. & Fany, D.K. 2006. Pemodelan Dinamika Spasial Pengelolaan Lahan Pesisir Kabupaten

Berau, Kalimantan Timur Menggunakan Data Inderaja.

Permana, H., Handayani, L. & Gaffar, E.Z. 2010. Studi Awal Pola Struktur Buslir Muka Aceh, Sumatera Bagian Utara (Indonesia): Penafsiran dan Analisis Peta Batimetri. *JURNAL GEOLOGI KELAUTAN*, 8(3): 105–118.

Pethick, J. 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*. Mariland: Edward Arnold.

Sari, V.D., Taufik, M. & Jaelani, L.M. 2015. Perbandingan Pengaruh Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Terhadap Indeks Vegetasi Pada Tanaman Padi. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW). Surabaya: Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP-ITS, hal.13–20.

Sastrawijaya, A.T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.

Septiana, E. 2015. Kombinasi Band Citra Landsat 8, <URL: <http://www.info-geospasial.com/2015/07/kombinasi-band-citra-landsat-8.html>> Dikunjungi pada tanggal 21 Desember 2017.

SUCOFINDO 2017. *Kajian Survei Batimetri Di Lima Muara Sungai Sekitar PT Terminal Teluk Lamong*. Surabaya.

Sugianto, D.N. & Agus, A.D.S. 2007. Pola Sirkulasi Arus Laut di Perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 12(2): 79–92.

Sugiyono 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.

Surinati, D. 2007. Pasang Surut Dan Energinya. *OSEANA*, XXXII(1): 15–22.

Sutanto 1994. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta: Gajah Mada

University Press.

Tanto, T.A., Wissha, U.J., Kusumah, G., Pranowo, W.S., Husrin, S., Ilham, I. & Putra, A. 2017. Karakteristik Arus Laut Perairan Teluk Benoa – Bali. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 23(1): 37.

Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Terra-Image 2017. Band Landsat, <URL: <http://terra-image.com/band-landsat/>>. Dikunjungi pada tanggal 2 Desember 2017.

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.

USGS 2011. Landsat 7 Science Data Users Handbook Landsat 7 Science Data Users Handbook. National Aeronautics and Space Administration.

USGS 2018. What is Landsat 7 ETM+ SLC-off data?, <URL: <https://landsat.usgs.gov/what-landsat-7-etm-slc-data>>. Dikunjungi pada tanggal 3 Juni 2018.

Usman, H. & Akbar, P.S. 2008. Metodologi Penelitian Sosial. Jakarta: PT Bumi Aksara.

Wahyu, S. & Sukartono 2002. Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi Dan Penajaman) Citra Satelit. *Buletin Teknik Pertanian*, 7(1): 4–6.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

1. Metadata Citra Landsat

Citra Landsat – 7 yang diakuisisi pada 28 Februari 2002

```
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_7"
  SENSOR_ID = "ETM"
  SENSOR_MODE = "SAM"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 065
  DATE_ACQUIRED = 2002-02-28
  SCENE_CENTER_TIME = "02:24:43.6231934Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.27403
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 111.98808
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.17609
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 111.99222
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
  CLOUD_COVER = 19.00
  CLOUD_COVER_LAND = 31.00
  IMAGE_QUALITY = 9
  SUN_AZIMUTH = 93.71398012
  SUN_ELEVATION = 56.35308391
  EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9905467
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 191.600
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -6.200
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 196.500
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -6.400
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 152.900
```

```
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -5.000
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 241.100
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -5.100
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 0.290080
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.009387
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 0.326351
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.010629
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 0.309056
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.010106
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 0.693917
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.014678
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
```

Citra Landsat – 8 yang diakuisisi pada 14 Januari 2003

```
GROUP = PRODUCT_METADATA
DATA_TYPE = "L1TP"
COLLECTION_CATEGORY = "T1"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE"
SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_7"
SENSOR_ID = "ETM"
```

```
SENSOR_MODE = "SAM"
WRS_PATH = 118
WRS_ROW = 065
DATE_ACQUIRED = 2003-01-14
SCENE_CENTER_TIME = "02:24:10.9764806Z"
CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.27668
CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.02334
CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.18143
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.02764
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 37.00
CLOUD_COVER_LAND = 35.00
IMAGE_QUALITY = 9
SUN_AZIMUTH = 117.40928365
SUN_ELEVATION = 55.05124484
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9835624
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 191.600
RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -6.200
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 196.500
RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -6.400
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 152.900
RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -5.000
RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 241.100
RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -5.100
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 255
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
```

```
MAP_PROJECTION = "UTM"  
DATUM = "WGS84"  
ELLIPSOID = "WGS84"  
UTM_ZONE = 49
```

Citra Landsat – 8 yang diakuisisi pada 25 Maret 2014

```
GROUP = PRODUCT_METADATA  
  DATA_TYPE = "L1TP"  
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"  
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"  
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"  
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"  
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"  
  WRS_PATH = 118  
  WRS_ROW = 65  
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"  
  TARGET_WRS_PATH = 118  
  TARGET_WRS_ROW = 65  
  DATE_ACQUIRED = 2014-03-25  
  SCENE_CENTER_TIME = "02:36:04.9462270Z"  
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18430  
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.08281  
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29251  
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.08785  
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES  
  ROLL_ANGLE = -0.001  
  SUN_AZIMUTH = 74.10219020  
  SUN_ELEVATION = 59.34072517  
  EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9971823  
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING  
  RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2930E-02  
  RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1915E-02  
  RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0047E-02  
  RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.1485E-03  
  
  RADIANCE_ADD_BAND_2 = -64.65005
```



```

RADIANCE_ADD_BAND_3 = -59.57447
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.23655
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.74226
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49

```

Citra Landsat – 8 yang diakuisisi pada 8 Februari 2015

```

GROUP = PRODUCT_METADATA
    DATA_TYPE = "L1TP"
    COLLECTION_CATEGORY = "T1"
    ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
    OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
    SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
    SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
    WRS_PATH = 118
    WRS_ROW = 65
    NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
    TARGET_WRS_PATH = 118
    TARGET_WRS_ROW = 65
    DATE_ACQUIRED = 2015-02-08
    SCENE_CENTER_TIME =
"02:35:39.6377620Z"
    CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18432
    CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.07468
    CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29254
    CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.0796
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
    ROLL_ANGLE = -0.001
    SUN_AZIMUTH = 107.10933701
    SUN_ELEVATION = 58.14404119
    EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9863336

GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING

```

```

RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3216E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.2178E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0270E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.2845E-03
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -66.08005
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -60.89220
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -51.34773
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -31.42225
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49

```

Citra Landsat – 8 yang diakuisisi pada 10 Januari 2016

```

GROUP = PRODUCT_METADATA
DATA_TYPE = "L1TP"
COLLECTION_CATEGORY = "T1"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
WRS_PATH = 118
WRS_ROW = 65
NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
TARGET_WRS_PATH = 118
TARGET_WRS_ROW = 65
DATE_ACQUIRED = 2016-01-10
SCENE_CENTER_TIME =
"02:35:50.0419440Z"
CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18430
CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.08281
CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29251
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.08785

GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES

```

```

ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 120.55051885
SUN_ELEVATION = 57.76584557
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9834173
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
  RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3295E-02
  RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.2251E-02
  RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0331E-02
  RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.3218E-03
  RADIANCE_ADD_BAND_2 = -66.47255
  RADIANCE_ADD_BAND_3 = -61.25388
  RADIANCE_ADD_BAND_4 = -51.65273
  RADIANCE_ADD_BAND_5 = -31.60889
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
  MAP_PROJECTION = "UTM"
  DATUM = "WGS84"
  ELLIPSOID = "WGS84"
  UTM_ZONE = 49

```

Citra Landsat – 8 yang diakuisisi pada 13 Februari 2017

```

GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1TP"
  COLLECTION_CATEGORY = "T1"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 118
  WRS_ROW = 65
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 118
  TARGET_WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2017-02-13
  SCENE_CENTER_TIME =
"02:35:42.7636520Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18430

```

```
CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.08552
CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29251
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.09057
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 103.73556202
SUN_ELEVATION = 58.44721770
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9873306
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3189E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.2154E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0249E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.2718E-03
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -65.94666
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -60.76928
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -51.24408
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -31.35882
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
```

Citra Landsat – 8 yang diakuisisi pada 20 Maret 2018

```
GROUP = PRODUCT_METADATA
DATA_TYPE = "L1TP"
COLLECTION_CATEGORY = "RT"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
WRS_PATH = 118
WRS_ROW = 65
NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
TARGET_WRS_PATH = 118
TARGET_WRS_ROW = 65
```

```
DATE_ACQUIRED = 2018-03-20
SCENE_CENTER_TIME                                     =
"02:35:17.9971520Z"
CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.18428
CORNER_UL_LON_PRODUCT = 112.09365
CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.29248
CORNER_LL_LON_PRODUCT = 112.09874
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 78.10074073
SUN_ELEVATION = 59.33155049
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2966E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1948E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0075E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.1656E-03
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -64.83009
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -59.74037
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -50.37645
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -30.82787
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
```

2. Dokumentasi Pengambilan Sampel *In – Situ*



Proses Pengambilan Sampel di
Teluk Lamong



Navigasi Kapal Ke Stasiun
Pengambilan Sampel



<i>Marking</i> Lokasi Pengambilan Sampel	Proses Pengambilan Sampel di Teluk Lamong
	
Pengecekan Kelengkapan Alat Survei	
	
Botol Sampel	Alat Untuk Mengambil Sampel <i>In – Situ</i>



Botol Berisi Sampel *In – Situ*

3. Dokumentasi Hasil Uji Laboratorium



KEMENTERIAN KESEHATAN RI
 DIREKTORAT JENDERAL PELAYANAN KESEHATAN
 BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA
 Jalan Karangmenjangan No. 18 Surabaya - 60286
 Telepon Pelayanan : (031) 5020306, TU : (031) 5021451; Faksimili : (031) 5020388
 Website : bbksurabaya.com : Surat elektronik : bbklsb@yahoo.co.id

HASIL PENGUJIAN CONTOH BAHAN

Nomor Lab. : L 18003797 / 005-040^c / BHN / III / 2018
 Dikirim oleh : Nurul Chayah Amalina
 Alamat : Mahasiswa ITS Surabaya
 Jenis Bahan : Air Laut
 Contoh diambil oleh : Yang bersangkutan
 Tanggal pengambilan Contoh : 26 Maret 2018
 Tanggal diterima di BBLK : 26 Maret 2018-20 April 2018

No.	Kode Sampel	TSS (mg/L)	No.	Kode Sampel	TSS (mg/L)
1.	ST-01 (A)	73,0	19.	ST-07 (A)	54,0
2.	ST-01 (B)	68,0	20.	ST-07 (B)	60,0
3.	ST-01 (C)	96,0	21.	ST-07 (C)	47,0
4.	ST-02 (A)	142,0	22.	ST-08 (A)	59,0
5.	ST-02 (B)	134,0	23.	ST-08 (B)	63,0
6.	ST-02 (C)	136,0	24.	ST-08 (C)	57,0
7.	ST-03 (A)	102,0	25.	ST-09 (A)	67,0
8.	ST-03 (B)	104,0	26.	ST-09 (B)	58,0
9.	ST-03 (C)	119,0	27.	ST-09 (C)	60,0
10.	ST-04 (A)	97,0	28.	ST-10 (A)	68,0
11.	ST-04 (B)	139,0	29.	ST-10 (B)	62,0
12.	ST-04 (C)	114,0	30.	ST-10 (C)	66,0
13.	ST-05 (A)	77,0	31.	ST-11 (A)	81,0
14.	ST-05 (B)	67,0	32.	ST-11 (B)	71,0
15.	ST-05 (C)	63,0	33.	ST-11 (C)	82,0
16.	ST-06 (A)	73,0	34.	ST-12 (A)	79,0
17.	ST-06 (B)	78,0	35.	ST-12 (B)	86,0
18.	ST-06 (C)	82,0	36.	ST-12 (C)	78,0

Perhatian :

- Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh diatas
- Hasil ini tidak boleh dipergunakan untuk keperluan litasi/publikasi
- Dilarang menggandakan dokumen ini tanpa seizin pihak BBLK Surabaya

20 April 2018

Manajer Teknis, 

Moedjmanad Feri Hadyanto, S.Si
 NIP. 196810211 200912 1 004



Hasil Pengujian TSS Sampel ST – 01 sampai dengan ST – 12



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)

Pengirim : Sdri. Nurul
Dikirim Tanggal : 28 Maret 2018
Sampel : Air Laut di Teluk Lamong

No	Kode Lokasi	Total Suspended Solid (mg/L)	Metoda Analisa
1	ST-13 A	55,00	Gravimetri
2	ST-13 B	53,00	
3	ST-13 C	46,00	
4	ST-14 A	56,00	
5	ST-14 B	48,00	
6	ST-14 C	46,00	
7	ST-15 A	38,00	
8	ST-15 B	43,00	
9	ST-15 C	46,00	
10	ST-16 A	48,00	
11	ST-16 B	38,00	
12	ST-16 C	44,00	
13	ST-17 A	48,00	
14	ST-17 B	40,00	
15	ST-17 C	40,00	
16	ST-18 A	74,00	
17	ST-18 B	76,00	
18	ST-18 C	70,00	



Surabaya, 10 April 2018
Kepala Laboratorium Teknologi Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, MSc⁹¹
NIP. 195501281985032001

Catatan :
Laporan ini dibuat untuk contoh air yang
diterima laboratorium kami.

Hasil Pengujian TSS Sampel ST – 12 sampai dengan ST – 18



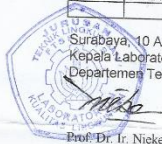
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031) 5948886, FAX. (031) 5928387

DATA ANALISA TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)

Pengirim : Sdri. Nurul
Dikirim Tanggal : 28 Maret 2018
Sampel : Air Laut di Teluk Lamong

No	Kode Lokasi	Total Suspended Solid (mg/L)	Metoda Analisa
1	ST-19 A	80,00	Gravimetri
2	ST-19 B	70,00	
3	ST-19 C	58,00	
4	ST-20 A	94,00	
5	ST-20 B	100,00	
6	ST-20 C	78,00	
7	ST-21 A	78,00	
8	ST-21 B	108,00	
9	ST-21 C	92,00	
10	ST-22 A	118,00	
11	ST-22 B	134,00	
12	ST-22 C	112,00	
13	ST-23 A	116,00	
14	ST-23 B	82,00	
15	ST-23 C	76,00	
16	ST-24 A	82,00	
17	ST-24 B	86,00	
18	ST-24 C	42,00	



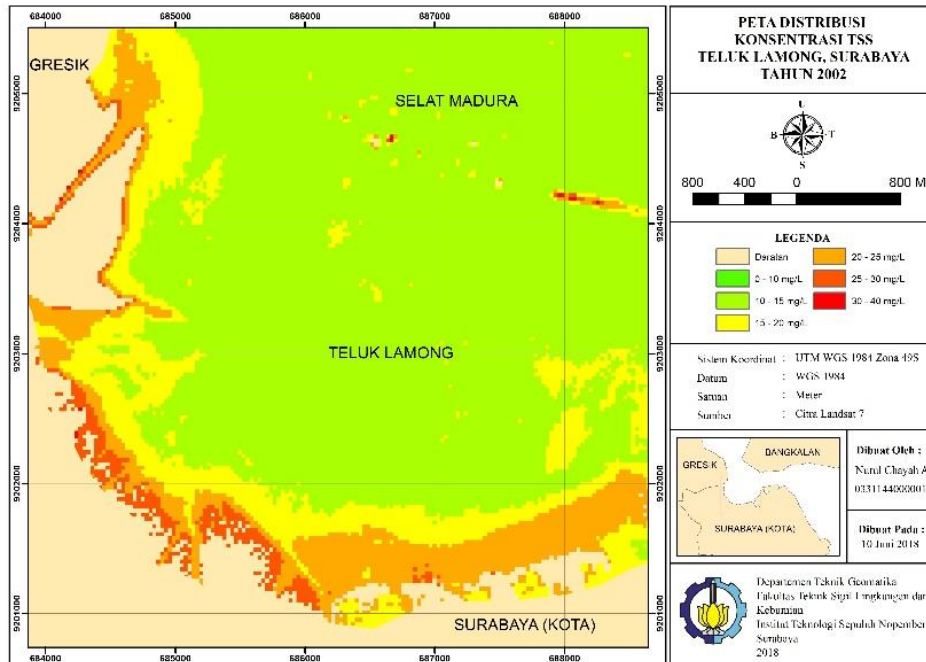
Surabaya, 10 April 2018
Kepala Laboratorium Teknologi Lingkungan
Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS

Catatan :
Laporan ini dibuat untuk contoh air yang
diterima laboratorium kami.

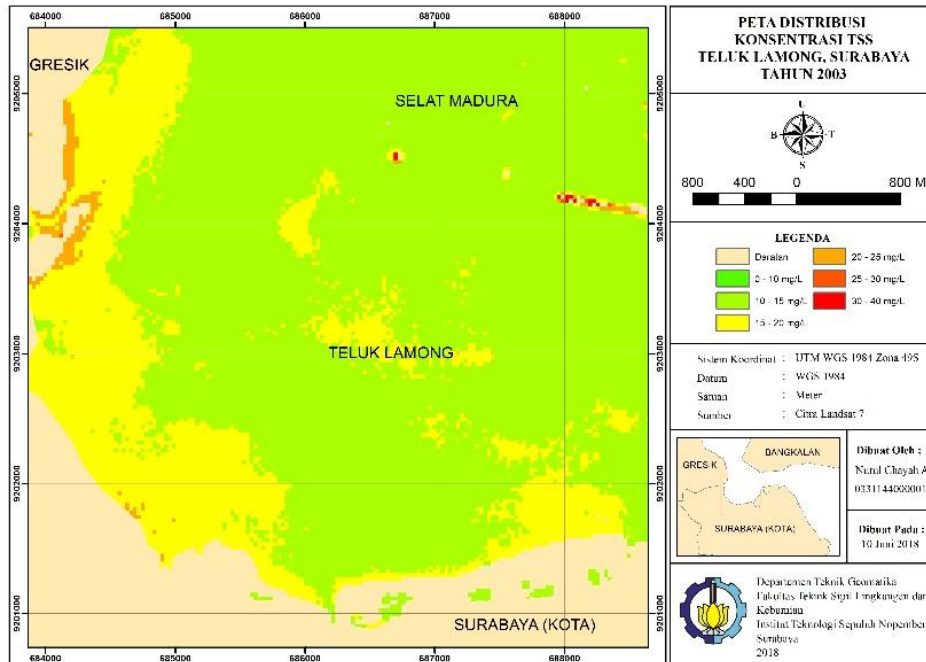
Prof. Dr. Ir. Nieke Kananingroem, MSc
NIP. 195501281985032001

Hasil Pengujian TSS Sampel ST – 18 sampai dengan ST – 24

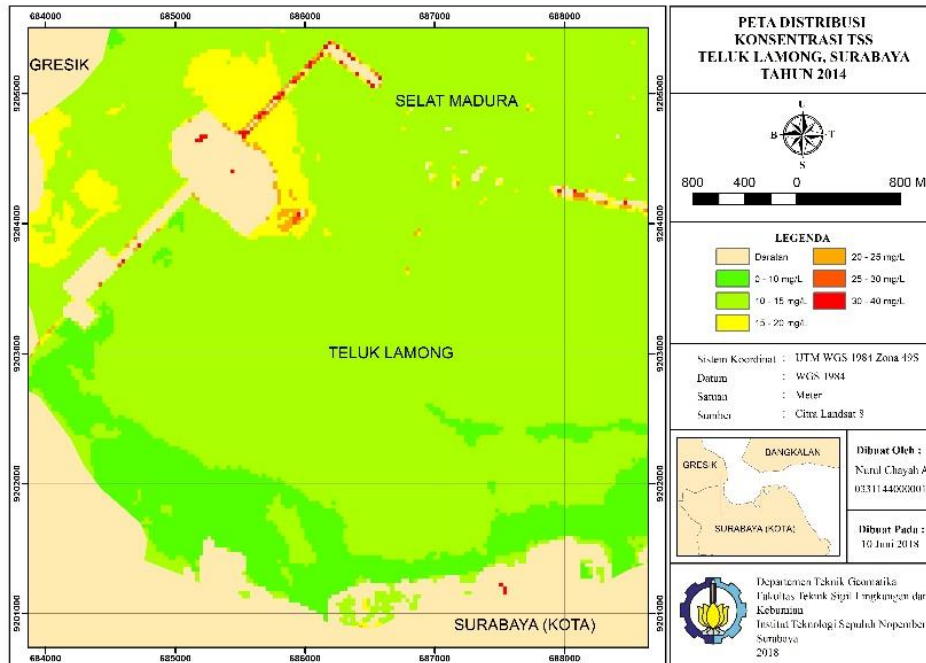
4. Peta Persebaran TSS



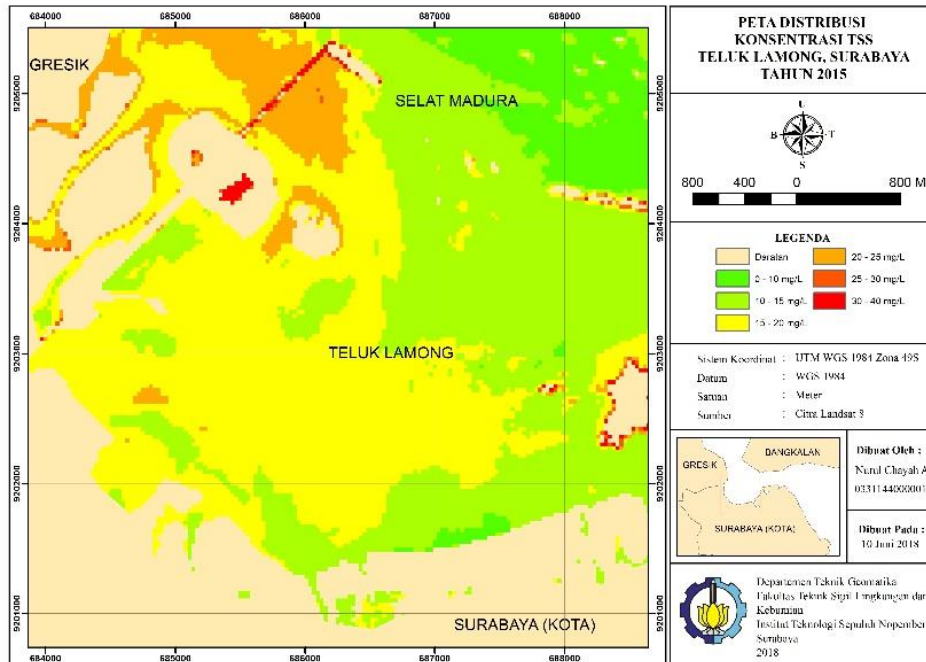
Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2002



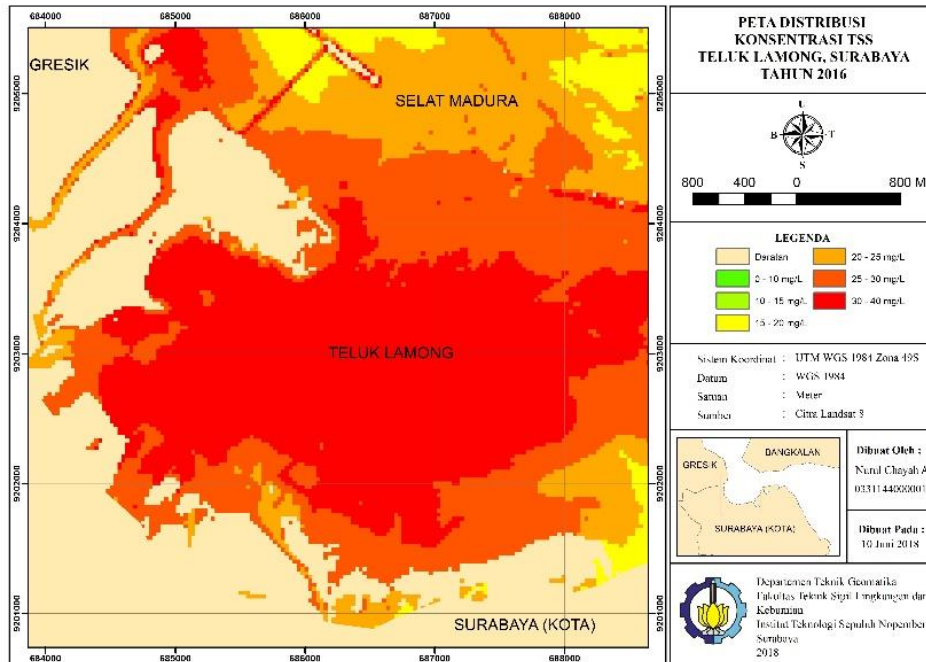
Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2003



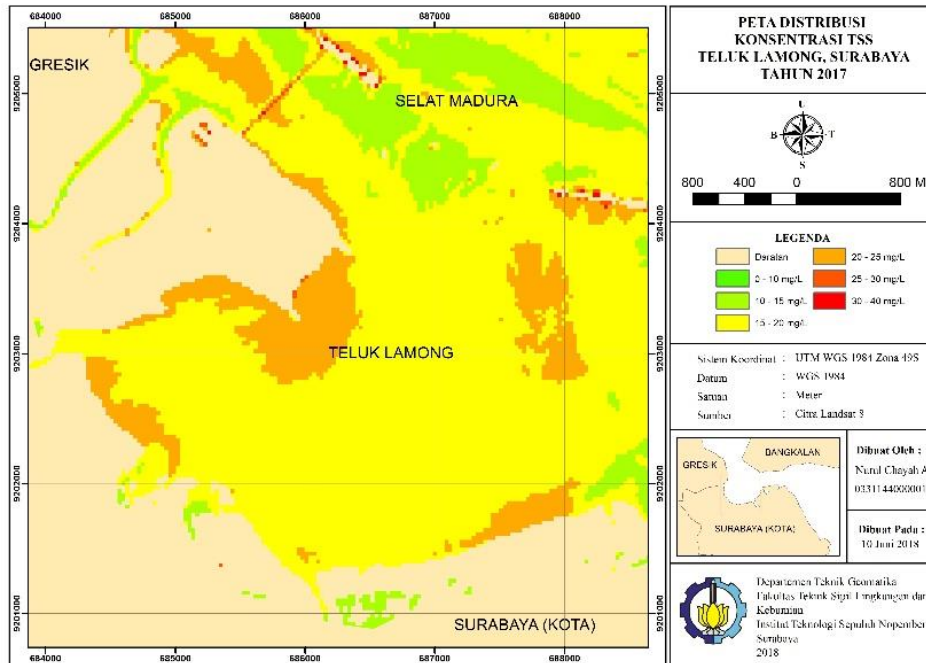
Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2014



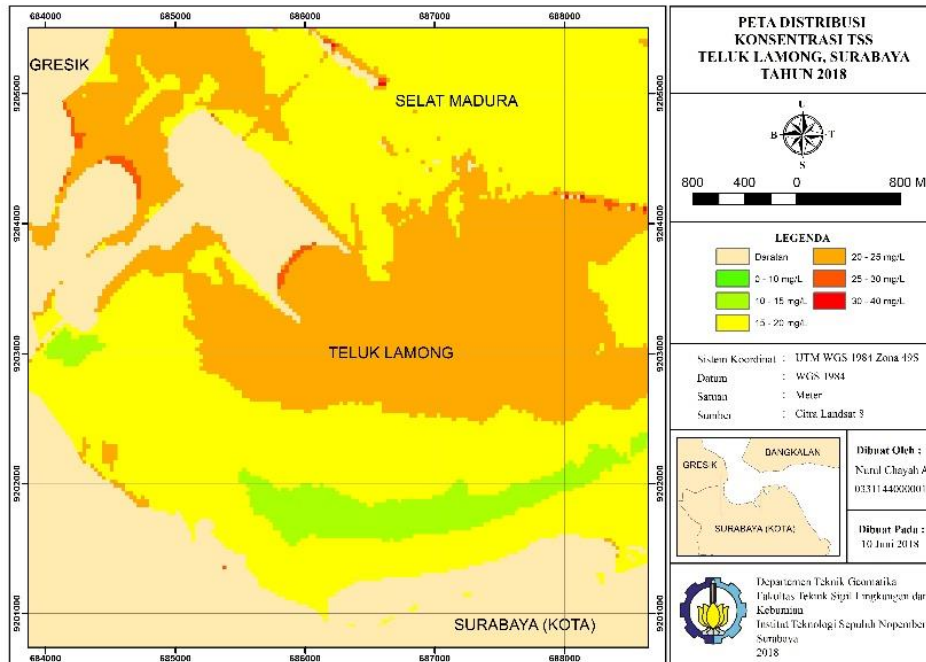
Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2015



Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2016



Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2017



Peta Persebaran Konsentrasi TSS Tahun 2018

BIODATA PENULIS



Penulis, Nurul Chayah Amalina, dilahirkan di Kudus, 7 Desember 1996, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Sugeng Pramono, dan Ibu Noor Faizah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi, SD 1 Padurenan, SMP 2 Kudus, dan SMA 1 Kudus dan lulus pada tahun 2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi Negeri di Institut Teknologi

Sepuluh Nopember dan mengambil Jurusan Teknik Geomatika lewat jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis cukup aktif di organisasi intra kampus yaitu sebagai staff Departemen Kesejahteraan Mahasiswa periode 2016-2017. Selain itu penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD. Penulis pernah mengikuti kegiatan Kerja Praktek/ Magang di P3GL selama satu bulan. Dalam penyelesaian syarat Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Penginderaan Jauh, dengan Judul Tugas Akhir “Analisis Perubahan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Menggunakan Citra Landsat Multitemporal (Studi Kasus: Teluk Lamong)”. Kontak penulis adalah amalinaaya@gmail.com.